

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-151551

(P2002-151551A)

(43) 公開日 平成14年5月24日 (2002.5.24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L 21/60	3 1 1	H 0 1 L 21/60	3 1 1 S 4 M 1 0 9
21/56		21/56	E 5 F 0 4 4
21/607		21/607	B 5 F 0 6 1
23/29		23/30	R
23/31			

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2000-349304 (P2000-349304)

(22) 出願日 平成12年11月10日 (2000.11.10)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 梶原 良一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 小泉 正博

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フリップチップ実装構造、その実装構造を有する半導体装置及び実装方法

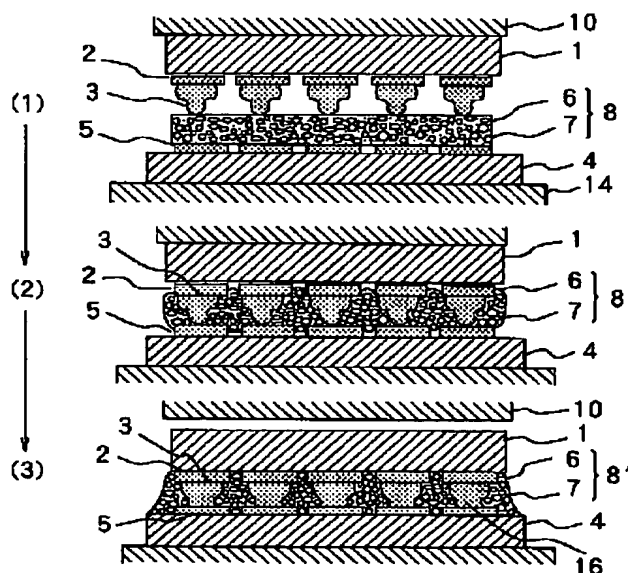
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 半導体チップのフリップチップ実装構造において、接続部の耐熱性、温度サイクル信頼性、高温信頼性、低抵抗電気特性の全てに優れる実装構造と実装方法を提供する。

【解決手段】 半導体チップ1の金属電極2と配線基板4の内部接続端子5とが貴金属パンプ3を介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上であり、チップ1と基板4との間に無機フィラー7を50vol%以上含む樹脂（アンダーフィル）6を有する構造とした。

【効果】 フリップチップ接続部が貴金属の金属接合であるため、耐熱性と高温信頼性と低電気抵抗性に優れ、高フィラー含有率の低熱膨張樹脂をボイドフリーで基板とチップとの間に充填できるため、温度サイクル信頼性及びリフロークラック耐性に優れた高性能・高信頼の実装構造を実現できる。

図 3



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電気信号を処理する回路を有する半導体チップと、

上記半導体チップに設けられた電極と、

上記電極上に形成されたバンプと、

上記電極から上記バンプを介して電気信号を取り出す内部接続端子と、

上記内部接続端子を設けた配線基板とを有し、

上記半導体チップと上記配線基板との間に加熱して軟化する半硬化樹脂シートを挿入し、荷重を掛け、加熱し、超音波振動を与えて、上記バンプと上記内部接続端子とが金属接合されたことを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項2】請求項1において、上記バンプは、貴金属であることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項3】請求項2において、

上記貴金属は、Auであることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項4】請求項1、2、又は3において、

上記金属結合された接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上である又は／及び上記半導体チップと上記配線基板との間に挿入される樹脂シートは、無機フィラーを50vol%以上含むことを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項5】電気信号を処理する回路を有する半導体チップと、

上記半導体チップに設けられた電極と、

上記電極上に形成された貴金属バンプと、

上記電極から上記バンプを介して電気信号を取り出す内部接続端子と、

上記内部接続端子を設けた配線基板とを有し、

上記貴金属バンプと上記内部接続端子の貴金属膜とが金属接合で接続され、上記半導体チップと上記配線基板との間に無機フィラーを50vol%以上含む樹脂を有することを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項6】電気信号を処理する回路を有する半導体チップと、

上記半導体チップに設けられた電極と、

上記電極上に形成された貴金属バンプと、

上記電極から上記バンプを介して電気信号を取り出す内部接続端子と、

上記内部接続端子を設けた配線基板とを有し、

上記電極と上記内部接続端子とが上記貴金属バンプを介して接続され、接続部の電気抵抗が0.1～10mΩの範囲であり、上記半導体チップと上記配線基板との間に無機フィラーを50vol%以上含む樹脂を有することを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項7】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以

上であり、上記半導体チップと上記配線基板との間に無機フィラーを50vol%以上含む樹脂を有することを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項8】請求項1乃至7のうちいずれかに記載のフリップチップ実装構造において、前記無機フィラーの粒径が、圧着後のバンプ高さの1/3以下であることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項9】請求項1乃至8のうちいずれかに記載のフリップチップ実装構造において、前記無機フィラーの熱膨張率は、前記有機樹脂の熱膨張率よりも低いことを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項10】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上であるフリップチップ実装構造であって、チップと基板との間に無機フィラーを含む樹脂が形成されており、前記樹脂の熱膨張率が、チップに近い部分よりも基板に近い部分の方が高くなる構造となっていることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項11】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上であるフリップチップ実装構造であって、チップと基板との間に無機フィラーを含む樹脂が形成されており、前記樹脂に含まれる前記無機フィラーの含有率が、チップに近い部分よりも基板に近い部分の方が低い構造となっていることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項12】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上であるフリップチップ実装構造であって、チップと基板との間に無機フィラーを含む樹脂が形成されており、前記樹脂に含まれる前記無機フィラーの場所による含有率の変動が10%以下であることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項13】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上であるフリップチップ実装構造であって、チップと基板との間に無機フィラーを含む樹脂が形成されており、前記樹脂の端面を、チップの端面より内側で最外周のバンプよりも外側に形成したことを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項14】配線基板の上に半導体チップをフェイスダウンで搭載する実装方法において、半導体チップの電極に貴金属バンプを形成する工程と、前記配線基板の所定位置に無機フィラーを50vol%以上含む半硬化状態の樹脂シートを載せ、その上に前記半導体チップを貴金属バンプと前記配線基板の内部接続端子との位置を合わせて搭載する工程と、接合ツールにより半導体チップの

裏面側から熱と荷重と超音波を加えて貴金属バンプを樹脂シートに押し込み、さらに押し付けて貴金属バンプを内部接続端子に形成された貴金属膜に圧着した後、さらに加熱処理して樹脂シートを硬化させる工程とを有することを特徴とするフリップチップ実装方法。

【請求項 15】配線基板の上に半導体チップをフェイスダウンで搭載する実装方法において、半導体チップの電極に貴金属バンプを形成する工程と、前記配線基板の所定位置に無機フィラーの含有率が異なる複数枚の半硬化状態の樹脂シートを載せ、その上に前記半導体チップを貴金属バンプと前記配線基板の内部接続端子との位置を合わせて搭載する工程と、接合ツールにより半導体チップの裏面側から熱と荷重と超音波を加えて貴金属バンプを樹脂シートに押し込み、さらに押し付けて貴金属バンプを内部接続端子に形成された貴金属膜に圧着した後、さらに加熱処理して樹脂シートを硬化させる工程とを有することを特徴とするフリップチップ実装方法。

【請求項 16】請求項 14 または 15 に記載のフリップチップ実装構造において、前記無機フィラーの形状が球状であり、フィラーの粒径が圧着後のバンプ高さの 1/3 以下となるように選択されていることを特徴とするフリップチップ実装方法。

【請求項 17】配線基板の上に半導体チップをフェイスダウンで搭載する実装方法において、半導体チップの電極に貴金属のバンプを形成する工程と、配線基板の内部接続端子に低融点金属の膜を形成する工程と、前記配線基板の所定位置に樹脂シートを載せ、その上に前記半導体チップをバンプと接続端子を位置合わせて搭載する工程と、接合ツールにより半導体チップの裏面側から熱と荷重と超音波を加えて貴金属バンプを有機フィルムに押し込み、さらに貴金属バンプを接続端子の低融点金属膜面に超音波を加えながら押し付けて溶融した低融点合金を接合界面から排出しつつ圧着し、接合ツールを開放した後さらに加熱処理して有機フィルムを硬化させ、界面に残存した低融点金属をバンプや端子側に拡散させて接合部を高融点化する工程とを有することを特徴とするフリップチップ実装方法。

【請求項 18】請求項 17 に記載のフリップチップ実装方法において、低融点金属が Sn、In、Ga、Bi、Ti のいずれかを主成分とする合金または単一金属であることを特徴とするフリップチップ実装方法。

【請求項 19】配線基板に半導体チップをフェイスダウンで搭載した半導体パッケージにおいて、半導体チップの電極に形成された貴金属のバンプと、配線基板の内部接続端子に形成された貴金属膜とが金属接合されており、半導体チップと配線基板との間に無機フィラーを 50vol% 以上含む樹脂を有し、半導体チップと接続されていない前記配線基板の裏面に外部接続端子を有することを特徴とする半導体パッケージ。

【請求項 20】請求項 19 に記載の半導体パッケージに

おいて、前記配線基板の材料がガラスエポキシであり、前記配線基板の半導体チップが搭載された側の面を封止する樹脂のフィラー粒径と、半導体チップと配線基板との間の樹脂のフィラー粒径とが異なることを特徴とする半導体パッケージ。

【請求項 21】配線基板に半導体チップをフェイスダウンで搭載し、前記配線基板に他の能動部品及び／又は受動部品を搭載した半導体モジュールにおいて、半導体チップの電極に形成された貴金属のバンプと、配線基板の内部接続端子に形成された貴金属膜とが金属接合されており、半導体チップと配線基板との間に無機フィラーを 50vol% 以上含む樹脂を有し、半導体チップと接続されていない前記配線基板の裏面に外部接続端子を有することを特徴とする半導体モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、貴金属バンプを電気的接続材料に使った半導体チップのフリップチップ実装構造に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の Au バンプを用いたフリップチップ実装方法としては、1) 絶縁性樹脂を絶縁性基板に塗布し、絶縁性基板と半導体素子の位置を一致させ、荷重を加えて半導体素子の突起電極と絶縁性基盤の導体配線とを接触させ、絶縁性樹脂を硬化させて接続する実装方法が、特開平 2-28946 号公報に記載されている。また、2) 異方性導電性接着材を介して加熱するとともに加圧と超音波を加えて、チップに形成されたバンプと基板の電極とを接続する実装方法が、特開平 11-26922 号公報に記載されている。また、3) チップに形成されたバンプと基板の接続部とを超音波を加えながら加熱圧圧によって接続する実装方法が特開平 10-107078 号公報に記載されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の 1) の実装方法による実装構造では、アンダーフィル樹脂の耐熱性等の問題から加熱温度を高くすることは困難であり、バンプとパッド間の金属接合（本明細書では、原子レベルで接合されたものを金属接合という）が達成されない。また、界面に樹脂が残るため接触抵抗がかなり大きく、数十～百数十 mΩ 程度の大きさになる。今後、半導体チップはますます低電圧駆動化が進む傾向にある。その場合、接続抵抗が大きいとチップの回路を正常に動作をさせることが困難となる。また、接続部の抵抗によるロスが大きく、消費電力の点でも問題となる。また、高温高湿環境下で樹脂が吸湿して膨張すると抵抗増加や極端な場合は導通不良を引き起こし、信頼性の点でも問題がある。

【0004】従来の 2) の実装方法による実装構造では、導電粒子の接触によって電気的導通が確保されてい

るため、金属接合が達成困難であり、接続部の電気抵抗が大きいという問題がある。また、バンプが微小となった場合、捕捉される導電粒子の数変動し、接続部の電気特性が不安定となる可能性がある。

【0005】従来の3)の実装方法では、金属接合は達成されるが、この方法ではチップと基板との間に樹脂があらかじめ充填されていないため、接合後に液状樹脂を毛細管現象により流し込んでアンダーフィルを充填する工程をとる。この方法による実装構造では、チップ面積が大きくなった場合やチップと基板との間隙が小さくなった場合に、樹脂の流れ込む速度の場所による違いから空気層が取り残されてボイド欠陥を生じやすくなるという問題がある。また、極端な場合には樹脂の充填そのものが困難な場合もある。特に、熱膨張率を下げるために混入されている無機フィラーの含有率が高いほどこの問題は顕著である。

【0006】なお、ここで言うボイドとは、水が液体から気体になる時の体積膨張( $1.2 \times 10^3$ 倍)によって発生するチップ/基板間を押し広げる力が、1個のバンプ接合部を剥がすレベルの $1/10$  (1g)を超えるサイズ(直径: 約 $30 \mu\text{m}$ )のものを対象にしている。

【0007】本発明の目的は、チップを配線基板にフェイスダウンで搭載した実装構造において、電気的接続部の温度サイクル信頼性と電気特性に優れたフリップチップ実装構造を提供することにある。

【0008】また、本発明の他の目的は、複数の貴金属バンプを形成した半導体チップを配線基板にフリップチップ実装する方法において、貴金属バンプと配線基板の内部接続端子との金属接合と、チップと基板との間への樹脂充填を1つの工程で行え、接続部の電気抵抗を小さくできしかも高フィラー含有率の樹脂を用いてボイドフリーのアンダーフィル充填が可能な生産性と接合信頼性の高いフリップチップ実装方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の一つの態様として、電気信号を処理する回路を有する半導体チップと、上記半導体チップに設けられた電極と、上記電極上に形成されたバンプと、上記電極から上記バンプを介して電気信号を取り出す内部接続端子と、上記内部接続端子を設けた配線基板とを有し、上記半導体チップと上記配線基板との間に加熱して軟化する半硬化樹脂シートを挿入し、荷重を掛け、加熱し、超音波振動を与えて、上記バンプと上記内部接続端子とが金属接合されたことを特徴とするフリップチップ実装構造とした。

【0010】上記バンプは、貴金属であることが望ましく、特に、Auを用いることが望ましい。

【0011】また、上記金属結合された接合部を構成する金属材料の融点が $275^\circ\text{C}$ 以上とすることが良い。上記半導体チップと上記配線基板との間に挿入される樹脂シートは、無機フィラーを50vol%以上含むことを特

徴とする。

【0012】また、半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が $275^\circ\text{C}$ 以上であり、チップと基板との間に無機フィラーを50vol%以上含む樹脂(アンダーフィル)を有し、樹脂はボイドフリーで形成されており、樹脂に含まれる無機フィラーの場所による含有率の変動を10%以下(変動の定義は、チップ面内の任意の場所から1mm角エリアの樹脂を切り出して求めたフィラー含有率の変動、そうして求めた最大及び最小値の差を平均含有率で除した値を変動率で表現)とした。

【0013】また、半導体チップの電極に凸型形状を有する貴金属製の突起バンプを形成し、配線基板の内部接続端子の表面に貴金属を形成し、微少な無機フィラーを混入して半硬化させた熱硬化性の樹脂シートをその配線基板の所定位置に貼り付け、その配線基板をヒートステージにセットし、その上からチップをフェイスダウンでバンプと内部接続端子とを位置合わせして搭載し、チップの上から超音波と荷重を加えるための加熱した接合ツールを所定の力で押し付け、貴金属バンプが加熱により軟化した樹脂シートに埋まって接続パッドに接触した後、超音波振動を加えて樹脂シートの一部をチップと基板との間から外部に押し出しつつ貴金属バンプを潰してパッドに金属的に接合する方法とした。

【0014】この方法によれば、樹脂をチップと基板との間から押し出しながら接着することになるため、チップと基板との間隙と同等以上の大きさを有するボイドの発生を100%の確率で防止することが可能となる。さらに、フィラー含有率が高くてもシートを作製可能な範囲であれば、チップと基板との間に均一にフィラーが分散された状態で充填されることになり、有機樹脂の充填品質が一定の実装が可能となる。この方法では、流動性に関係なく熱安定性や吸湿性の低い樹脂を使用できるため、ベークによる硬化処理後の樹脂の高温安定性を高くすることができ、樹脂の熱分解によって生成する物質による高温・高湿環境下における腐食等の問題や加水分解による樹脂の劣化の問題を低減できるという利点もある。

【0015】一方、この樹脂シートを用いる方法ではバンプと端子の間に樹脂が介在するため、バンプとパッド間の接合に問題が生じる恐れがある。実際、単に加熱と加圧による圧着では、残存する薄い樹脂層のため金属接合を達成できなかった。このため、接続部の接触抵抗が数十～数百 $\text{m}\Omega$ と高くなるという問題や、樹脂の経時変化や吸湿膨張変化等によって断線が生じやすいという問題があった。そこで、本発明では金属接合を達成するために、新規な接合装置による超音波振動を利用する方法を考案した。これにより、バンプと内部接続端子との接合界面から樹脂を排出し、金属接合を達成することが可能

となった。接続装置の詳細については後述する。

【0016】以上の説明は、基板側のパッド表面を貴金属膜とした場合について説明をしたが、基板側のパッド表面を低融点膜とした場合でも、同様の実装方法によって、フィラー充填率が高く高分子量のアンダーフィルをボイドフリーでチップと基板との間に充填でき、低抵抗かつ高温信頼性の高い接続が可能である。これは、超音波フリップチップ接合工程において、溶融した低融点金属あるいは共晶合金を接合界面から排出して高融点金属あるいは高融点合金のみで接合した構造にできるため、接合部の高温信頼性を高くできるのである。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

（実施例1）図1は、本発明による超音波フリップチップ実装時の接合部材および接合部周辺の構成を示す。図において、半導体チップ1の電極2上にAuバンプ3を形成している。Auバンプはボールボンディング法で形成したもので、その形状はバンプの中央に行くほど高さが高くなるような2段の凸型形状で、直径100 $\mu$ m、先端高さ100 $\mu$ m、1段目（半導体チップ1側）の肩の高さ30 $\mu$ m、2段目（有機配線基板4側）の直径40 $\mu$ mに形成した。一方、有機配線基板4の上のCuを基体とする内部接続端子5の表面には、Niめっきを施した後、その上に厚さ0.7 $\mu$ mのAuめっき膜を形成した。有機配線基板4の裏面には、他のチップや基板等に接続するための外部接続端子9を形成した。チップと基板との間には、エポキシ樹脂を主体とする熱硬化性樹脂6に、熱硬化性樹脂6の熱膨張率よりも低い熱膨張率を有する絶縁性無機フィラー（SiO<sub>2</sub>粒子）7を50%混在させて半硬化処理を施した樹脂シート8を挿入した。SiO<sub>2</sub>無機フィラーのサイズは平均粒径：約2 $\mu$ mで最大7 $\mu$ m以下とした。このときのシート厚さは最終バンプ高さの約1.2倍である50 $\mu$ m厚さとした。これらのワークをヒートステージ14側から基板、樹脂シート、半導体チップの順に積層し、上側から接合ツール10で加圧するように配置した。チップと基板との接合は、ツール10からの超音波振動11、荷重13、加熱により行われる。チップ、基板の加熱はそれぞれヒーター12、15により行われる。

【0018】つまり、本発明のフリップチップ実装構造は、電気信号を処理する回路を有する半導体チップがあり、この半導体チップには電極が設けられ、また、この電極上にはバンプが形成されている。電極からバンプを介して電気信号を取り出す内部接続端子は、配線基板に設けられている。半導体チップと配線基板との間に加熱して軟化する半硬化樹脂シートを挿入し、荷重を掛け、加熱し、超音波振動を与えて、上記バンプと上記内部接続端子とが金属接合される。また、バンプは、貴金属であり、例えば、Auである。

【0019】次に、図2に接合工程のタイムチャート、図3にタイムチャートの各時点における接合部の断面構造を示す。接合工程は、まず温度150℃に加熱したヒートステージにワークを位置合わせしながら積層・搭載し、その後直ちに150℃に加熱している接合ツールを降下させてチップに小さい荷重を加えた。荷重の値は15g/バンプとした。この（1）の時点における接合部の状況を図3の（1）に示す。樹脂シート8はまだ固体状態であるため、Auバンプ3は樹脂シート8の上に載った状態である。図2に戻って、（1）の時点以降から樹脂シート8は基板側とチップ側からの両方の熱伝導で加熱され始め、急速に温度が上昇して軟化を始める。樹脂シート8の温度が軟化温度T1の達した時点の接合部の状況を図3の（2）に示す。突起状のAuバンプ3が、その先端を内部接続端子5面に接触するまで樹脂シート8に進入した状態となる。この（2）の時点から、接合ツールに超音波振動を加えつつ荷重を100g/バンプまで増加させて、Auバンプ3をAuめっきした内部接続端子5に金属的に接合した。樹脂シートは揮発成分が少なく、しかも接着が進行する前の低温時に内部接続端子5とAuバンプ3との界面から排出されるため、接合される面の樹脂シート8による有機汚染は接合性を阻害するほどは大きくならない。このため、良好な電気的導通を得る程度の金属接合が達成されたのである。樹脂シートの軟化温度は接合温度との関連で重要なファクターである。本発明における軟化温度の適正範囲は、接合温度を高くしないという観点から200℃以下が望ましく、接合プロセスで加圧後に軟化温度に到達する必要があることから厳密ではないが70℃以上が望ましい。ここでは100℃の樹脂シートを用いた。超音波の振動振幅は接合ツール先端で1～6 $\mu$ mが望ましく、ここでは3 $\mu$ mとした。超音波印加時間は50～500msの範囲が望ましく、ここでは300msとした。接合ツールで加える荷重は超音波を停止して樹脂が仮硬化する時間（ここでは約5秒間）保持してから開放し、その後、ワークを超音波接合位置から移動したが、加熱は30分間維持し続けて樹脂を完全に硬化させてから室温に冷却した。荷重を開放した時点（4）の接合部の状況を図3の（3）に示す。Auバンプ3は、先端が押しつぶされて内部接続端子5に接合されている。接合界面16には樹脂6やフィラー7が介在しない状態で部分的ながら金属的に接合している。チップ1と配線基板4との間隙は、初期バンプ寸法が図1で示した値の場合、40 $\pm$ 15 $\mu$ mとなるように接合条件を選択している。この場合の圧着バンプ形状は、チップ側の1段目の直径は初期と同じ100 $\mu$ m、基板側の2段目の直径は押し潰されて大きくなり50 $\mu$ mであり、圧着後も2段形状のままである。チップと基板との間には平均粒径2 $\mu$ mのシリカフィラー27を含むエポキシ樹脂26を基材とするアンダーフィル8'がボイドの無い状態で充填されている。半

導体チップの電極は、半導体チップの周辺に配置された場合と半導体チップの全面にエリア状に配置された場合があるが、いずれも同様の断面構造となる。ただし、基板の裏面の外部接続端子との配置の関係で、基板の配線パターンは大きく異なる。基板の最小寸法は、チップと同じサイズで構成できる。また、無機フィラーに $\text{SiO}_2$ 粒子を用いたが、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粒子や他の絶縁粒子を用いることも可能である。

【0020】ここで、本発明の実装方法を実現するための接合装置について説明する。従来の半導体実装用の超音波接合装置には、以下に述べる理由によって、超音波発振系のホーンや接合ツールを加熱できる装置がなく、また5kgを超える高い荷重を加えて半導体を超音波接合できる装置が無かった。まず、従来の装置で超音波発振系の超音波ホーンや接合ツールを加熱できなかったのは、

- 1) 発振子の耐熱性が低い上に、発振子とホーンがダイレクトに結合された構造のため両者間の熱絶縁が難しいこと、
- 2) 温度が変動した場合に共振周波数が変化して安定した超音波発振が得られないこと、等の理由による。このため従来の装置では加熱ステージに搭載した基板側から加熱せざるを得ず、基板温度がチップ温度より高くなり、接合後の冷却工程で熱膨張の大きい基板の収縮によって接合部に大きな歪みが発生し、断線不良が発生しやすいという問題があった。

【0021】次に、従来装置で高い荷重を加えて超音波接合できる装置がなかったのは、高荷重条件下で安定に発振するための振動系を構造設計することが、

- 1) 高剛性になるとホーンの断面が大きくなって接合に有効な振動方向以外の複雑な振動モードが発生すること、
- 2) ホーンの断面を小さくして低剛性になると荷重による変形によって共振周波数が変化して安定な発振が得られなくなる理由により、難しかったためである。このため実際には、Auパンプを数～十数個程度形成した数mm角サイズの小さい強誘電体チップを熱膨張の小さいセラミック基板に樹脂シート無し状態で接合した例しかなかった。

【0022】我々はこれらの問題を解決するために、後で述べるような加熱機能付きで特殊なホーン形状を有する超音波発振機構を開発し、同時に超音波周波数を従来の60kHzから50kHzに下げることによって、高温加熱・高荷重条件下で安定に超音波発振が可能な接合装置を開発した。この接合装置について説明する。チップのフリップチップ接合では、チップに形成したパンプを大きく変形させて基板のそりやパンプ高さのばらつきを吸収し、全点を確実に接合する必要がある。このため、有機基板を対象とした場合、通常のパンプの潰し量を数十 $\mu\text{m}$ 程度とみると、パンプを潰す過程でチップに

傾きを与えては接合品質レベルのばらつき原因となる。このため、接合ツールは平衡度を保ちながら下降できる構造である必要がある。そこで本実施例の装置では、荷重を受け持つ強度部材の構成を左右対称とし、対称軸上に加圧駆動系と接合部材を押す接合ツールの中心軸を配置する構成とした。このことにより、接合荷重を大きくした場合でも常に接合ツールの面は平衡度を保つことができる。

【0023】次に、接合ツールを加熱する構造について説明する。ワークに超音波振動と荷重を加える接合ツール自体は、容積が小さくて熱容量が小さいため、ワークの熱変動を受けやすい。このため、容積が大きい超音波ホーンの本体を加熱する構造として温度の安定性を確保し、超音波振動子の熱損傷を防ぐため、超音波振動子と超音波ホーンの間超音波伝達特性に優れる放熱部品を挿入した構造とした。超音波の伝達損失は増加し変動する可能性があるが、振動子への入力を大きくした状態で発振させることで、伝達損失の増加を補いつつ変動の影響を低減している。

【0024】超音波ホーンの加熱温度が変わると部材の音速が変わって共振周波数が変化し、極端な場合は発振しない状態となる。このため、本開発装置においては、接合温度毎に寸法の異なる超音波ホーンを用意した。1つの超音波ホーンでカバーできる温度範囲は超音波周波数とホーン形状によって異なるが、ここでは $\pm 30^\circ\text{C}$ の範囲とした。

【0025】次に、高荷重下で安定に発振可能な超音波ホーン形状について述べる。超音波ホーンは接合ツールの平衡度維持のため左右対称な形状で加工され、左右のノード点で荷重印加部材に保持された構造である。このため、ホーンは両端支持で中心荷重の梁の曲げ変形を受ける。ホーンの剛性が低いと曲げ変形量が大きくなり、ホーンが上下非対称となって、ホーンの軸方向以外の振動モードが発生し、発振が不安定となると同時に上下方向の振動が発生すると接合性も悪くなる。一方、剛性をあげるため、ホーンの断面積を大きくすると、面内の振動が均一とならずに複雑な振動モードが発生し、発振が不安定となると同時に接合性の低下を招く。このため本装置では、曲げ剛性に影響の大きい上下方向の板厚を大きくし、断面積を小さくするためにホーンにスリットを設けた構造とした。スリットの効果によってホーンの断面が上下に分割されるため、振動が伝わる方向の実質的な断面が小さくなって振動モードの単一化が図れ、曲げ剛性に影響するホーンの厚みが大きいいため変形を抑えることができ超音波の安定発振が可能となったのである。さらに、本装置では、超音波周波数を従来の60kHzから50kHzに周波数を低減し、ホーンの温度や歪みの変化に対して共振点の変動率が小さくなるようにし、超音波の安定発振化を図っている。

【0026】図4に本実施例で用いた接合装置を示す。

図において、装置本体は支持架台41、支持筐体42、加圧機構43、チップ加熱兼超音波発振機構44、基板加熱機構46、位置合わせ駆動機構45、ワーク観察機構47、基板搬送機構49、チップ搬送機構48から構成される。ワーク観察機構は配線基板4と半導体チップ1の間に光学機構を挿入して上下の画像を取り込み、位置ずれを検出する機能をもっている。その情報に基づいて位置合わせ駆動機構で調整を行うのである。

【0027】図5は、図4の装置の詳細である。加圧機構43は圧力センサ50からの出力を検知して自動的に設定値に調整するサーボモータ駆動方式を採用している。超音波振動子51は放熱部品52とフランジ機構53を持つ振動増幅部品54を介して超音波ホーン55と連結されている。超音波ホーン55は、接合ツール56と一体で形成され、上下の中心で左右対称の位置に加熱ヒーター12が取り付けられている。また、左右上下対称の位置に貫通孔（スリット）が設けられ、ホーン内の振動モードが一軸方向のみの単一モードとなるように工夫している。超音波ホーン内部には、ワーク吸着用の吸引孔57が設けられており、接合ツールの先端には寿命向上のため超硬材58が接合されている。超音波振動機構は振動のノード位置に取り付けられたフランジを介して振動系支持部材59に取り付けられている。位置ずれ判定機構は、ハーフミラー510とCCDセンサ511から成る光学ヘッド512と、画像処理により位置ずれを判定する処理回路513から構成される。光学ヘッド512からの情報は、ケーブル514を介して処理回路513へ伝達される。光学ヘッド512は可動機構を備えており、接合位置と待避位置をサンプル毎に一往復する動きをする。

【0028】本接合装置によれば、超音波ホーンの形状に工夫を加えたことによって高い剛性を有する超音波ホーンの振動モードを一軸のみの単一モードに制御でき、振動系の荷重印加構造をフランジ機構53により2点支持とし、かつ接合ツールの力の作用点に対して形状を左右対象としたことによって高い荷重を加えて振動系が歪んでもツール面の平衡度を保つことができるため、多ピンのLSIチップに対してツールの平衡度を保ちながら高い荷重と接合に必要な良質の超音波振動を加えることが可能となる。この結果、多ピンのLSIチップの貴金属バンプを基板の貴金属パッドに低温条件で超音波エネルギーを利用して確実に金属接合できるのである。

【0029】また、本接合装置では、図6に示すように接合ツールとワークの間に有機テープを供給する機構を有していることが好ましい。図において、超音波ホーン55と一体化された接合ツール56の先端にポリイミドの有機テープ60が配置され、有機テープはロール61側から巻き取り機構62、63によって順次送り出され、接合毎に新しいテープがツール下に供給される機構となっている。有機テープにはワーク吸着のための孔6

4が設けられ、ツールの吸引孔と位置が合うようにテープ送り位置が制御されている。有機テープは熱可塑性と熱硬化性のいずれのテープでもよいが、超音波の吸収が少なくなるように剛性が高い必要があり、弾性率として1~100GPaが望ましい。ポリイミドは約9GPaである。

【0030】これにより、超硬材の接合ツールとLSIチップの間にそれらよりは軟質の有機材を挟ませることができ、チップ面を傷つけることがなくなる。したがって、ツールの損傷がなくなるため、ツール寿命を長くできるという効果がある。また、両者の密着がよくなり、滑りが小さくなるため超音波振動の伝達率がよくなり、接合性の向上がはかれるという効果もある。

【0031】この接合装置によって種々の接合実験を重ねた結果、

- 1) 樹脂を挿入した状態での貴金属バンプ／貴金属膜形成端子接合において、両者間の樹脂を強制的に外部に排出して金属接合を達成できること、
- 2) そのため樹脂を挿入した状態でのフリップチップ接合において接続部の接触抵抗を0.1~10mΩ程度に低減できること、
- 3) 基板側の温度をチップ側の温度と同等か低くすることで冷却過程における熱歪みの発生を低減し、大面積のチップの接合や熱膨張の大きい有機基板への接合が可能であること、
- 4) バンプサイズ50~100μm直径のバンプで1000ピンのチップのフリップチップ接合が可能であることを確認したのである。

【0032】図26に、バンプ接合部の拡大写真の一例を示す。アンダーフィル樹脂が欠陥無く充填され、かつボイド欠陥はあるもののバンプとパッドとの間が金属接合されている状況が確認できる。貴金属バンプと基板側の貴金属パッドを金属接合したことにより、接続部の電気抵抗は接合界面の接触抵抗を大幅に低減することができる。従来の方式ではバンプサイズ50~100μmの場合で数十~百数十mΩの抵抗値となるのに対し、本発明による構造では0.1~10mΩの範囲に低減できることが判明した。

【0033】本実施例によれば、基板と樹脂シートとチップを積層した状態で熱と超音波振動を加えて圧着する方法としているため、Auバンプが加熱により軟化した樹脂を押し退けて基板のAuパッドと接触し、さらに超音波振動によってバンプと内部接続端子との金属接合が達成されるため、Auバンプ／Auパッド間の金属接合と、チップと基板との間への樹脂充填からなる半導体チップのフリップチップ実装を1つの工程で行えて生産性を高くでき、しかもAu／Auの金属接合が達成されるため接続部の電気抵抗を小さくでき、さらに高フィラー含有率の樹脂を用いてボイドフリーのアンダーフィル充填が可能のため実装信頼性を高くでき、生産性と電気特

性と信頼性に優れたフリップチップ実装方法を提供することができる。信頼性に関して詳述すれば、アンダーフィルをボイドフリーで形成できることによって、ボイド中の水分の気化膨張に起因するリフロー時の接合部剥離を防止でき、またフィラー含有率を高くして熱膨張率を基板と同等の $20 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ より小さくしたアンダーフィルでチップと基板を固着することによって、温度変化に伴って発生する熱歪みをチップ、 bumps、基板に均等に分散させて温度サイクル寿命を伸ばすことができ、さらに、高温下で金属的に安定なAu/Au接合であるため高温寿命に優れる実装構造を提供できるのである。アンダーフィルの熱膨張率は、 $10 \sim 25 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とすることが好ましい。図8は、図1、図2、図3で示す方法で作製した半導体実装品におけるアンダーフィル中のボイド発生率を示す。比較のため、従来の接合後に液状樹脂を注入する方式の結果をプロットしている。組み立て後に樹脂を注入する方式では、フィラー含有量が多くなると流動性が低下し、チップと基板との間のギャップが小さいほど、またチップサイズが大きいほどボイド発生率が上昇する。従来法では、フィラー含有量が50%を超えるとボイドを無くすることが困難となる。一辺から樹脂を供給した場合のボイドの発生は、毛細管現象による樹脂の侵入速度が bumps の存在によって場所により異なる為に生じる問題で、空気の巻き込みによって生じる。このため、発生するボイドの大きさはチップと基板との間のギャップに相当するサイズのものが存在する。

【0034】一方、樹脂シート方式では、低弾性の固形の状態で圧力を加えた段階で、チップ/樹脂シート間、基板/樹脂シート間の隙間に存在したガスが圧力によって外に排出され、さらに樹脂を内部から外部に押し出す方向に流動してガスを排出方向に作用するため、大きなボイドの発生率はゼロとなるのである。仮に両隙間にガスが残存した場合でもその体積は非常に小さいものであり、強度的な低下あるいは吸湿に伴うリフロークラックの発生等の問題にはならないのである。すなわち、ボイド欠陥に起因する不良の発生は100%回避できるのである。また、樹脂シート方式により、チップと基板との間にフィラー含有率50vol%以上の樹脂をボイド無しに形成して接着硬化したことにより、樹脂の硬化温度以下の条件においてAu bumps 接合部には樹脂の収縮により常に圧縮力が加えられた状態となるために、実装品を温度サイクル試験にかけたときの断線不良に至るまでの寿命を大幅に向上できる。また、樹脂のフィラー含有率を高く出来るため、熱膨張率をAuの熱膨張率と同等にできる。さらに、樹脂中のフィラー分布の変動を小さく出来るため、温度サイクルを加えたときのAu bumps や樹脂内に発生する応力が変動せず、このことによっても断線不良に至るまでの寿命を大幅に向上できるのである。

【0035】また、本実施例の構造において、半導体チップを $50 \mu\text{m}$ 厚、配線基板を $25 \mu\text{m}$ 厚のポリイミドフィルム、配線Cu箔を $3 \mu\text{m}$ とすることによって、パッケージ厚さを $100 \mu\text{m}$ 以下に薄くでき、同時に、チップと同等サイズまで小型化が可能で、超薄型かつ小型の半導体パッケージを提供できるのである。

【0036】また、本実施例によれば、 bumps 形状をチップ側で $100 \mu\text{m}$ と大きくして2段目を $40 \mu\text{m}$ と小さくし、基板上パッドとの接合を bumps の2段目で行っているため、ボンディング時にチップ側に加わる応力(Auの降伏応力 $\times$ 基板側接合面積/チップ側接合面積)は、Auの降伏強度の数分の1程度の小さな値に抑えることができる。このため、フリップチップ実装工程における電極下のチップダメージを低減して組み立て歩留まりの向上を図れるという効果がある。また、樹脂シートに混入する固形フィラーのサイズを数 $\mu\text{m}$ と間隙の1/3以下に小さくしているため、固形フィラーが一行に積み重なって荷重によってチップに高い応力を加える可能性がなくなり、これが原因となる組み立て不良を完全に防止できるという効果があるのである。

(実施例2) 別の実施例として、実施例1における半硬化状態の樹脂シートをチップと基板との間に挟む代わりに、基板の bumps 搭載エリアに絶縁無機フィラー(SiO<sub>2</sub>: 平均粒径 $1 \mu\text{m}$ 、最大 $7 \mu\text{m}$ )を含む液状エポキシ樹脂を予め厚さ $50 \mu\text{m}$ 程度塗布し、その後すぐに液状樹脂の上からAu bumps 付きのチップを搭載して超音波接合を行って、引き続き $150^{\circ}\text{C}-30$ 分の硬化処理を施した。液状樹脂の場合、基板のパッド面が樹脂で汚染されるが、接合条件を高荷重あるいは高い超音波パワーの条件とすることで、部分的な金属接合を達成できることを確認した。液状樹脂は、エポキシ樹脂以外にフェノール樹脂など他の熱硬化性樹脂を使うこともできる。

【0037】本実施例においても、実施例1と同様の効果が得られる。さらに樹脂の供給が印刷方式を採用できるため容易となって生産性を向上できるという効果がある。また、シートに比べて、液状樹脂を使用した場合には生産工数が少ないため材料の価格が安く、実装製品を低コスト化できるという利点もある。

【0038】なお、図では示していないが、樹脂シート中のフィラー含有率が50%でフィラーの平面分布が、1mm角エリアのフィラー含有率のばらつきで最大 $\pm 5\%$ 以下に制御されたものを用いて実装した半導体実装品と、含有率が同一の液状樹脂をフリップチップ接合後に充填したボイドの無い半導体実装品を、同一の温度サイクル試験にかけて比較すると、断線に至るまでの温度サイクル数に明瞭な差があり、シート状で供給した方が寿命が長いことが確認された。この原因は、解析の結果、樹脂シート供給方式の bumps と基板との間のフィラー分布はほぼ樹脂シート状態時でのフィラー分布に倣うのに対し、液状樹脂供給方式では供給の上流側領域でフィラ



一が多く下流側で少なくなる現象が生じ、上記半導体実装品で最大20%の差が生じたためと判明した。

【0039】すなわち、本実施例により、チップと基板との間のフィラー含有率の分布を±5%以下に制御することによって、温度サイクル寿命を向上できることが判明したのである。

（実施例3）図9は、本発明によるフリップチップ実装方法の他の実施例を示す。図において、チップ1の電極2（A1電極）にはAuパンプ3がボールボンディング法によって形成されている。このときの初期のパンプ直径は60μm、2段目の直径35μm、パンプ高さ80μm、1段目の肩の高さ10μmとしている。樹脂シートは2枚を用い、チップ側には球状SiO<sub>2</sub>粒子から成るフィラー7の含有率が65%の高フィラー含有エポキシ樹脂シート90、基板側には上記と同様のフィラー7の含有率が35%の低フィラー含有エポキシ樹脂シート91がくるように配置して積層している。基板4の内部接続端子5には最表面に0.5μm厚さのAu膜が形成されている。図の配置で積層した後の接合工程は、実施例1と同様である。

【0040】図10は、図9の部品を接合した後の接合部の断面構造を拡大して示す。図において、アンダーフィル8'はフィラー7が高密度に充填された低熱膨張層92とフィラー密度が低い中熱膨張層93から構成され、その界面はフィラー充填率が連続的に変わる傾斜領域を経て一体化した構造となっている。このとき、樹脂の熱膨張率は、チップに近い部分よりも基板に近い部分の方が高くなる構造となっている。また、樹脂に含まれる無機フィラーの含有率が、チップに近い部分よりも基板に近い部分の方が低い構造となっている。圧着したAuパンプ3の形状は、チップ側の接合部が広く、その上に接合部よりは小さいAuの柱が立ち、柱の先端で基板の内部接続端子に接合された形状にしている。パンプと内部接続端子との接合は、少なくとも接触面の一部で金属接合が達成された状態となっている。

【0041】図11は、フィラー含有量を変えたサンプルを温度サイクル試験にかけたときの不良発生率のワイブルプロットを示す。アンダーフィル樹脂は熱膨張率が高いため、フィラー無しの状態では、寿命が短い。アンダーフィル樹脂の熱膨張率よりも低い熱膨張率を有するフィラー材を混入して熱膨張を下げていくと、寿命は向上し、この場合はフィラー含有量50%あるいは2層アンダーフィルを使用した場合に1000サイクルを超える寿命を示した。フィラー含有量70%以上のアンダーフィルをボイドフリーで充填可能な方法は、本発明による方法のみであり、2層方式も本発明の方法によって初めて可能な構造と言える。すなわち、本発明の実施例によって、高信頼のフリップチップ実装製品を提供できるのである。

【0042】本実施例によれば、実施例1で得られる効

果の他に次のような効果がある。アンダーフィルを2層に分けてチップ側はSiに合わせて低熱膨張、基板側は樹脂基板にあわせて中熱膨張としているため、チップ／アンダーフィル間及び基板／アンダーフィル間の熱膨張率が近くて両界面での熱歪みに伴う剪断応力の発生が小さい。その結果チップ／パンプ間及び基板／パンプ間の接合部に発生する熱応力を小さくでき、チップ／アンダーフィル間及び基板／アンダーフィル間の剥離を防ぎ、Auパンプの接合界面での剥離断線を防止できる。これにより、実装信頼性を著しく高くできるのである。なお、アンダーフィルの中間部では大きな熱歪みが発生するが、傾斜構造によって連続的な熱膨張率の変化となる。したがって、Auパンプの中央部の広い領域で熱歪みをうける構造となるため局所的な応力集中が発生せず、さらにバルクのAuパンプ部で応力を受ける状態となるため、接合界面で応力を受ける構造よりは遥かに信頼性を高くできるのである。

（実施例4）別の実施例として、実施例1におけるパンプ及び配線基板の内部接続端子表面の材料を、大気中でわずかに酸化するものの200℃以上で酸素と容易に乖離するAg、高温では酸化するが室温から接合温度200℃までの領域で酸化膜を形成し難いPd、Ptの材料とした。また、アンダーフィル用樹脂剤をポリイミド樹脂とエポキシ樹脂の複合樹脂のみとする実装を試みた。Ag、Pd、Pt共に素材が柔らかく、酸化膜があっても接合に影響を与えるほどの厚さでは存在しないため、振幅1～5μm程度の超音波振動を加えることによって金属接合が容易に達成される。ここでは、周波数50kHz、チップ振幅1μm（ツール振幅3μm）の条件で接合を実施した。

【0043】本実施例においても、実施例1と同様の実装方法が採用可能で、Auの場合と同様に金属接合が達成されるため電気特性において接続抵抗を0.1～10mΩの範囲に低減できるという効果が得られる。

（実施例5）図12には、配線基板側の内部接続端子にAuパンプと反応して217℃で共晶反応によって溶融する低融点金属（Sn膜）を形成してフリップチップ接合する場合の接合条件のチャート図を示す。基本的な実装時の部品構成は図1と全く同様であるが、加熱を接合ツール側のみから行う方式にしている点と、パッドの材質がAuからSnに変えた点が異なる。図12において、ワークに荷重を掛けた後に接合ツールをパルスヒータにより瞬間的に加熱し、チップ側からワークを加熱した。ワークが樹脂軟化温度に到達した時点から、ワークに加える荷重を増加させつつ接合ツールを介してワークに超音波を加えた。ここでは、ワーク温度がAu-Sn共晶温度（217℃）を超えて235℃に達するまで加熱を行った。超音波を加える時間は、ワークがAu-Sn共晶温度に到達してから所定の時間加えるように設定するが、ここでは150msで行った。超音波の印加を

停止するとほぼ同時にパルスヒータの加熱を停止し、ワークが樹脂の軟化温度以下の50℃になったところで荷重を開放し、ワークを接合装置から取り出した。その後、高温槽等の加熱装置で180℃-10分のベーキング処理を行って樹脂を完全硬化させた。

【0044】図13は、図12のチャートの(2)、(3)、(4)の時点における接合部断面の模式図を示す。(2)の段階では、樹脂の軟化に伴って突起しているAuパンプ3が樹脂シート8に押し込まれ、樹脂フィルムの厚さを選択すれば、パンプがパッド131に接触する状態となる。荷重は、Auパンプと固相のSnめっき面130で支えられている。(3)の段階では、Auパンプ3の振動摩擦によってパンプ下のSnが機械的に外部に押し出されつつ、AuとSnが密着した領域でAu-Sn共晶反応が生じて融液132が形成され始める。接合が終了した(4)の段階では、Auパンプ3はAuリッチなAuSn層135とCuSn層133を介して内部接続端子5(Cuパッド)に接合された状態となる。接合過程で形成された低融点のAu-Sn共晶合金はパンプの周囲に押し出されてフィレット134を形成している。パンプの外のSnめっき膜は232℃に加熱された段階で一度熔融するが、下地のCu反応してCuSn化合物133を形成して高融点化し、等温凝固している。

【0045】本実施例によれば、基板と樹脂シートとチップを積層した状態で熱と超音波振動を加えて圧着する方法としているため、実施例1と同様に生産性の高い実装方法を提供できるのである。また、本実施例のAuパンプとSnめっき膜の接合材料の組み合わせでは、接合界面で一度熔融層を形成して接合する過程を採るため、接合表面の有機汚染等に起因する接合不良の発生を低減することができ、しかも低荷重かつ低超音波パワーの接合条件で接合することができてチップダメージの発生を低減することができ、生産歩留まりの高い実装方法を提供できるのである。なお、接合界面に形成される低融点合金は、荷重と超音波振動によってパンプの外に排出されるため、接合終了時点で接合界面に残されたSnを含む合金は高融点の合金のみとなり、接合部を構成する金属の融点を275℃以上とすることができる。はんだ付け実装時の加熱温度は250℃以下であるため、プリント基板等へのはんだ付け実装時に加熱されても再熔融することがなく高温耐熱性にも優れており、接合部の耐熱性は問題が無いのである。

【0046】また本実施例では、金属接合が達成されるため接続部の電気抵抗を小さくでき、しかも高フィラー含有率の樹脂を用いてボイドフリーのアンダーフィル充填が可能のため実装信頼性を高くできるのである。さらに、本実施例の構造においては、図1の実施例と同様に、パッケージ厚さを薄くでき、同時に、チップと同等サイズまで小型化が可能で、超薄型かつ小型の半導体パ

ッケージを提供できるのである。

(実施例6) 別の実施例として、実施例6におけるパッド側の接合用Snめっき材を、低融点金属であるIn、Ga、Tiに代えて実装を試みた。接合温度はInで180℃、Gaで150℃、Tiで150℃とし、他の接合条件は実施例6と同様の条件とした。いずれの材料の場合においても接合界面から荷重と超音波振動によって低融点層を外部に排出でき、Snを用いた場合と同様に高融点の接合部が得られることを確認した。

【0047】本実施例においても、接合後の接続部の耐熱性を向上できるため、実施例6と同様の効果が得られる。さらに、Snよりは融点あるいは共晶点が低いため接合温度を200℃以下に下げることができ、接合後の冷却過程において発生する熱応力を下げることができ、実装工程のチップ損傷を低減できて組み立て歩留りを向上できるという効果がある。低融点金属には実施例で記載した金属以外にも、単独での熔融温度が250℃以下あるいは貴金属パンプと合金化したときの熔融温度が250℃以下となる金属あるいは合金で構成されているものであれば使用することが可能である。

【0048】図14は、超音波ホーンの加熱方式の他の実施例である。図において、超音波ホーン55と一体化した接合ツール先端に電気導通性のセラミック板：ヒーターチップ140が接合され、ヒーターチップへの電流供給機構141が設けられている。接合毎にヒーターチップにパルス的に通電して瞬時加熱を行っている。ヒーターチップは熱容量が小さいため、通電中は高温となるが、通電を止めることによって短時間に温度を下げられるという特徴がある。

【0049】本実施例によれば、接合材質が貴金属パンプとSnめっきパッドのような場合に、接合ツール側から瞬時に加熱してSnを熔融させてAu-Sn共晶接合を達成させ、超音波振動で融液を強制的に界面から排出して高融点接合部を形成した後、加圧した状態で加熱を止めて短時間に冷却することができるため、低融点金属を使って耐熱性のある接合部を得ることができ、同時に冷却過程での熱収縮による接合部破損を防ぐことができ、しかも量産ラインで生産性を損なうことなく信頼性のある接合ができるという効果が得られるのである。

(実施例7) 図15は、本発明のフリップチップ実装に好適な貴金属パンプ形状の一実施例を示す。(a)はスタッドパンプの場合で、半導体チップ1(Siチップ)の電極2(AI電極)にボールボンディング法によってAuスタッドパンプ3を形成している。Auスタッドパンプ形状が、AuパンプとAI電極の接合部の直径151に対してパンプ上部の接合潰し高さレベルでの直径150が面積比で1/2~1/3以下となるように、初期ボールサイズとキャピラリーサイズと接合条件を選択している。初期ボールサイズ80μm、キャピラリーのホール径40μmで圧着後のボール径100μmでパンプ形成

した場合、フリップチップの接合条件を荷重：50g／バンプ、温度：100℃、振動振幅：3μm、接合時間：300msを選択すれば、チップ側接合面の直径80～90μm、基板側の接合面の直径40～45μmにできる。また、(b)は2段めっきバンプの場合で、1段目と2段目の面積比が1／2～1／3以下となるように直径比率を選択している。(c)は、先端が尖った形状のめっきバンプの場合で、接合潰し高さ位置と根元の面積比が1／2～1／3以下となるような形状に制御している。

【0050】図16は、図15の(b)のめっきバンプを使った場合のフリップチップ実装部の断面構造を示す。接合面積は、バンプ／バリアメタル／Al電極界面の面積が約0.0036mm<sup>2</sup>、バンプ／基板のAuめっきランドの接合面積が約0.0081mm<sup>2</sup>としており、後者の接合面積は前者の接合面積の約23%と小さくしている。図のめっきバンプ3は全体をAuで形成しているが、一段目をCuめっき、2段目をAuめっきとし、高さをそれぞれ10μm、20μmとしたものも試作した。

【0051】図17は、チップ側と基板側にそれぞれAuバンプを形成した場合のフリップチップ実装部の断面構造を示す。接合部の面積に対してチップ側のAuめっきバンプ3の横断面の面積が比率で2～3倍以上となるように大きさに調整し、チップ側のバンプサイズを60μm角、基板側のバンプサイズを40μm角としている。図では、チップ側と基板側をいずれもAuめっきバンプとしたものと、チップ側をNi／Auめっき構造としたもの、基板側をCu／Niめっき及びNi／Auめっきしたもの、および基板側をAuスタッドバンプとしたものを実施した。

【0052】これらの実施例においては、いずれの場合も接合界面の面積に対してチップ側のバンプ付け根の面積が2～3倍以上大きくなる構造としているため、超音波フリップチップ接合時にチップ側のAl電極に加えられる応力がAuの降伏強度(60～80MPa)の1／2～1／3以下となり、チップダメージの発生を防止して組み立て歩留まりの高い実装が可能となるのである。

【0053】また、貴金属バンプの形状を、チップ側の接合面積が基板側の接合面積に対して4割以上大きくなるように選択することが好ましい。通常、超音波を使ったフリップチップ接合では、バンプ下のチップ基板に高い剪断応力が発生してチップダメージが発生する可能性があるが、チップ側にバンプを介して加えられる剪断応力はAuバンプの降伏強度に基板側とチップ側の面積比率を掛けた値となるため、本発明ではその値をAuバンプの降伏強度の7割以下に低減でき、チップダメージの発生を大幅に低減できるのである。

(実施例8) 図18は、Auめっきバンプを使用した場合のフリップチップ実装におけるエポキシ樹脂ベースの

アンダーフィルのSiO<sub>2</sub> フィラー含有量とボイド発生率の関係を示す。Auめっきバンプでは、バンプ高さを高くするとそれだけコストが上昇するため、できるだけ低いバンプを採用することになる。最小高さは、基板の反りや厚さばらつき、パッド高さばらつきをバンプの変形で吸収できる高さとなる。ギャップが5、10μmの場合とも、フィラーを含まなくてもボイド発生確率が高いが、シート挿入方式ではギャップに関係なく、問題となる数十μm以上の大きさのボイド発生確率をゼロにすることができる。

【0054】図19は、接合温度とアンダーフィルの有無を変えた場合のバンプ高さと温度サイクル試験での断線不良発生率の関係を示す。アンダーフィルの無い場合、バンプ高さ50μm以下の領域では高さが低いほど断線不良が発生しやすい傾向を示し、接合温度が高いほど残留歪みが増えて断線不良発生率が高くなる傾向を示す。アンダーフィルを充填すると、チップと基板が固着されてチップと基板の熱膨張差が反り変形で吸収され、バンプに大きな剪断応力や引張り応力を生じさせないため、断線不良に至る寿命が大幅に改善される。このため、半導体部品に要求される試験基準では断線に至らない。

(実施例9) 図20は、本発明によるフリップチップ実装構造を適用したBGAパッケージの断面構造の一例を示す。図において、半導体チップ1(Siチップ)のエリア上に配置されたAl電極2にはボールボンディング法の引き千切りタイプで形成したAuバンプ3が搭載されている。配線基板4(ガラスエポキシ基板)のチップ側にはチップのAl電極に対応した位置に35μm厚さの内部接続端子5(Cuパターン)の上に5μm厚さのNi／0.5μm厚さのAu膜200が無電解めっきにより形成されている。基板の反対側にはチップ側の面と同様の材料構成の半田バンプ用パッド(外部接続端子)9が形成され、半田ボールバンプが搭載されている。このパッドのAuめっきは、半田搭載時に半田中に溶解するため、パッケージ完成状態においてはNiめっき膜と半田が直接接合された状態になっている。チップ上のAuバンプと基板上のAuめっきパッドは超音波熱圧着接合による金属的な結合によって接続されており、チップと基板との間の空間は低熱膨張の絶縁性無機フィラー7

(SiO<sub>2</sub>粒子)と熱硬化性樹脂6(エポキシ樹脂)で構成されるアンダーフィル8'で埋められている。エポキシ樹脂とSiO<sub>2</sub>粒子の体積比率は1：2である。バンプ高さは60μm、Au／Au接合部の直径は30μm、Au／Al接合部の直径は80μmである。初期のバンプ高さ100μmから40μm変形させ、キャピラリのホールで形成される2段目の肩と同じか少し先端に寄った位置までワイヤ部を潰している。

【0055】本実施例によれば、スタッドバンプの先端部で接合しているため、1バンプ当りの荷重を数十～数

百mNの低荷重で接合でき、数千ピンの多ピンLSIチップでもチップクラックを生じることなくAu/Auの金属接合によってフリップチップ実装できる。また、バンプ高さを高くして低熱膨張のアンダーフィルでチップと基板との間を固着しているため、接合されたバンプに加わる歪みが非常に小さくなり、アンダーフィル樹脂のもう一つの効果としてバンプ全体に均等に歪みを分散させるため、パッケージとしての温度サイクル信頼性を著しく向上することができる。また、マザーボードとチップ間の電気的接続を最短距離で結線できるため、チップのクロック周波数が数百MHzを超えるような高性能のLSIを搭載した場合でも、その性能を損なうことのない電子機器の実装が可能となるのである。また、内部接続パッドと外部接続パッド間の配線も貫通孔を最大限に活用することで、隣接パッド間に通す配線数を低減することができ、その結果、基板の外部接続パッドピッチを詰めることができ、パッケージサイズの小型化が可能となるのである。また、内部接続部の耐熱性は樹脂の耐熱温度に比べて十分高いため、パッケージを配線基板に搭載する半田リフロー工程において、なんら問題を生じることが無いのである。

【実施例10】図21は、本発明によるフリップチップ実装構造を適用したテープBGAパッケージの断面構造の一実施例を示す。図において、半導体チップ1(Siチップ)の電極2(AI電極パッド)には、Auめっきバンプ3が形成されている。厚さ50 $\mu$ mのポリイミドフィルムを基材とする配線基板4(テープ基板)の中央にはチップのパッド形成エリアより小さい開口部が設けられ、片面には厚さ5 $\mu$ mのCu配線パターン202が形成されている。内部接続リード210の表面には厚さ0.5 $\mu$ mのAuめっきが施され、テープ基板が開口されて形成された半田バンプ用パッド(外部接続端子)9には半田ボールバンプ201が形成されている。チップの周囲の半田バンプを形成した領域のテープ基板には、テープの変形を防ぐ目的でスティフナー211が接着剤212で貼り付けられている。チップのAuバンプと内部接続リードはAu/Auの金属接合で接続され、テープ/チップ間が樹脂の熱膨張率よりも低い熱膨張率を有する球状フィラーを含む樹脂で充填されている。Auバンプは、初期高さ20 $\mu$ m $\times$ 20 $\mu$ m角の方形で、圧着後の高さが低い所で10 $\mu$ mとなる条件で接合している。接合温度は100 $^{\circ}$ C、接合荷重は50mN/bump、超音波の振動振幅はツールで3 $\mu$ m、チップで1.5 $\mu$ mの条件で組み立てている。組み立て後は、チップ接合+アンダーフィル充填、スティフナー接着、半田ボール搭載の順で行っている。この場合、アンダーフィル充填はボイドの発生が無い形状をしているため接合後に流し込んでも良い。テープ基板のチップ接続領域には、開口部から複数ピン単位で切り込みが形成されている。

【0056】本実施例によれば、テープ基板上の内部接

続リードとチップのバンプを接合する組み合わせであり、テープ基板のCu厚さを5 $\mu$ mとしているため配線ピッチを30 $\mu$ mピッチとすることができ、30 $\mu$ mという狭パッドピッチのLSIチップをフリップチップ実装が可能となる。従来の接合では、接合温度が200 $^{\circ}$ C以上(Au-Sn共晶接合では230 $^{\circ}$ C)と高いため、テープ基板の熱膨張とCu箔の熱膨張による歪みやチップとの熱膨張差による位置ずれが問題であったが、本発明による実装方法では接合温度を常温まで下げることが可能なため、微細ピッチの接続においても高精度の金属接合が可能となり、高精度・高信頼のフリップチップ実装構造を提供できるのである。また、実装組み立て後のパッケージにおいては、接続部を低熱膨張強化したアンダーフィル樹脂で固め、テープ基板中央を開口した構造としているため、実使用環境下での温度変動において、アンダーフィルの固着効果とスリットの歪み吸収効果によってバンプ接合部に加わる熱歪みを小さくでき、パッケージの温度サイクル信頼性を大幅に向上できるのである。また、内部接続部の耐熱性は樹脂の耐熱温度に比べて十分高いため、パッケージを配線基板に搭載する半田リフロー工程において、なんら問題を生じることが無いのである。

【実施例11】図22は、片面樹脂モールドタイプの半導体パッケージに本発明のフリップチップ実装構造を適用した場合のパッケージ断面構造の一実施例を示す。図において、半導体チップ1(LSIチップ)のAI電極2にはAuスタッドバンプ3が形成されている。ガラスクロスとエポキシ樹脂から構成された配線基板4(有機キャリア基板)のチップ側には配線パターンと内部接続パッドが形成されている。内部接続パッドは、内部接続端子5(Cuパッド)とその上に形成されたNi/Auめっき200から構成される。基板の下側には、外部接続端子9が形成され、外部接続端子9に半田バンプ201が形成されている。内部接続パッドとAuスタッドバンプは本発明の超音波接合法によるAu/Auの金属接合が達成されている。チップと基板との間隙には、熱硬化性樹脂6と、熱硬化性樹脂6よりも低熱膨張でサイズが上記間隙の1/3以下である球状の絶縁性無機フィラー7とを有する第1の樹脂220が充填されている。また、基板の片面にチップを覆うように粉碎形状の低熱膨張大型フィラー粒子221と熱硬化性樹脂222とを有する第2の樹脂223がモールドされている。大型フィラー形状は、粉碎型に限らず、コストが許せば球形や他の形状でもよい。

【0057】本実施例によれば、チップを有機キャリア基板に接合するプロセスを樹脂シートを挟んでフリップチップ実装する工法により、多ピン一括接合とアンダーフィル樹脂充填を同時に行えて、しかもチップと基板との間に発生しやすいボイドを完全に無くすることができ、ワイヤボンディング工法に比べたときの生産性の低

下とボイドに起因するリフロックラック等の問題を解決することができる。また、さらにチップ全体をモールドしていることにより、通常のアンダーフィル封止のみの構造に比べてチップを基板の押し付ける力が強くなり、内部接続部に常に圧縮応力が働いて、温度サイクル等の熱歪みに対して接合部にクラックが発生して断線するといった問題を防ぎ、非常に信頼性の高いパッケージを提供できるのである。電気的特性が良いこと、内部接続の耐熱性が高く配線基板搭載上の問題が全くないこと、パッケージ高さを低くできることといった利点があることは言うまでもない。

(実施例12) 図23は、セラミックモジュールに本発明のフリップチップ実装構造を適用した一実施例を示す。図において、配線基板4(セラミック基板)には、印刷焼成によって形成されたAg系の厚膜導体パターン230、231、232が形成され、フリップチップ接続される導体パターン230には、ボールボンディングによってAuスタッドバンプ3'が形成されレベリング処理によって平坦化されている。受動部品233、234とセラミック基板の導体間はSn系の半田235、236で接続されている。半導体チップ1(ベアチップ)のA1電極2には引き千切り法でAuスタッドバンプ3が形成され、セラミック基板の平坦化されたAuスタッドバンプ面にAu-Auの金属結合で接合されている。接合工程直前に、平坦化Auスタッドバンプ表面をスパッタクリーニング法によって清浄化して、組み立てている。モジュールのチップと基板との間には、低熱膨張のSiO<sub>2</sub>フィラーを70%以上含む熱硬化性のアンダーフィル樹脂8'が充填されている。基板側の平坦化バンプ寸法は厚さ15μm×直径80μm、チップ側のバンプ寸法は初期で高さ80μm×直径60μmで、圧着後で高さ40μm×直径60μmである。接合で潰されるのはワイヤ部及びキャピラリホールで形成された2段目の上部までで、初期のボールが潰されて形成された1段目の土台部分はほとんど変形が生じない接合条件で接合されている。

【0058】本実施例によれば、従来の半田バンプを使ったC4によるベアチップ搭載モジュールに比べて、LSI接続パッドピッチを300μm以上のレベルから100~200μmレベルまで狭ピッチ化できるため、通常のワイヤボンディング実装用に生産されているLSIチップをそのままフリップチップ実装に適用でき、低コスト化が図れるという利点がある。また、C4用半田が高融点半田の場合には、環境汚染で問題となる鉛フリー化が難しいという問題があり、鉛フリーのSn系半田を使うと固相温度が220℃以下となってその後の半田付け実装において使用できる半田が融点の点で制約を受けるといった問題があるのに対し、本実施例では鉛フリー化と耐熱性を同時に解決できるという利点がある。一方、ワイヤボンディングを使ったベアチップ搭載モジュール

と比較すると、ワイヤ方式では搭載に必要なスペースがチップサイズより大きくなり高密度実装が原理的に難しいという問題があり、電気的特性がワイヤのインダクタンス成分により改善(高速伝送)できないのに対し、本実施例では、高密度実装と高速信号伝達の両方を同時に解決できるという利点がある。

(実施例13) 図24は、各種モジュールの組み立て手順の一実施例を示す。部材としてチップ接続パッドにAuめっきを施したモジュール基板、Auバンプを形成したLSIチップ、半硬化させた有機フィルムまたは液状樹脂を準備する。有機フィルムの場合、モジュール基板と有機フィルムとLSIチップとを接続端子の位置を合わせて積層搭載し、圧力と熱と超音波を加えて軟化した有機フィルムを破ってAuバンプをAuパッドに金属接合する。その後、加熱保持して樹脂を硬化処理から、半田ペースト印刷を行って半田付け部品を搭載し、リフロー処理して半田付けを行う。一方、液状アンダーフィル樹脂を使う場合は、接合工程で基板とチップのみ位置合わせしてまずフリップチップ接合し、その後で液状樹脂を基板とチップとの間に毛細管現象あるいは圧入によって注入し硬化処理を行う手順で組み立てる。

【0059】この組み立て手順では、フリップチップ接合する工程で、基板の清浄性が高く、周囲に余分な部品が無いという点で、接合上の制約がないという利点がある。しかし、半田ペースト印刷工程で、既に搭載されたベアチップが印刷の障害となるため、印刷方法に工夫が必要になるといった問題がある。

(実施例14) 図25は、図24とは逆のセラミックモジュールの組み立て手順の他の実施例を示す。準備する部材は同じで、まずモジュール基板に半田付け部品を印刷かつリフロー工程により搭載する。この工程で基板の導体パターンがフラックス等の有機蒸気や下地材の拡散表出により汚染されるため、半田付け部品搭載後に有機溶剤による洗浄及びスパッタクリーニングによる洗浄処理を行う。その後、基板上にフィラー入り有機ペーストを塗布してAuバンプ形成チップを位置決めして搭載し、加熱加圧して超音波接合する。最後に半硬化状態の有機樹脂を完全硬化処理して組み立てを完了する。

【0060】この組み立て手順によれば、半田付け部品の搭載が容易に行えるという利点があるが、フリップチップ接合される導体面の汚染が生じるため清浄化プロセスの採用が必須で、組み立て工程が増すという欠点もある。図23と図24の組み立て手順の選択は、モジュール製品によって利点・欠点を見極めて選択することになる。

(実施例15) 図26は、本発明による有機基板を使ったマルチチップモジュールの断面構造の一実施例である。図において、LSIチップ250、251の表面には再配線層253が形成され、周辺に配置されたチップ電極2をチップ全面に再配置し直している。チップ電極

はA l合金であるが再配置電極254はCuをコアとし最表面をAuとした材料構成である。再配置電極上にはAuパンプ3がボールボンディング法あるいはめっき法により形成されている。有機配線基板4（有機モジュール基板）はガラスエポキシ製でチップ側の面には内部接続端子5が形成され、反対側の面には外部接続端子9が形成されている。外部接続端子にはSnベースの半田パンプ201が形成されている。内部接続端子はCuコアの上にAuめっきされた構造で、チップのAuパンプが金属的に接合されている。チップと基板との間には、樹脂の熱膨張率よりも低い低熱膨張率を有する微小球状フィラーを含む熱硬化性のアンダーフィル樹脂8'が充填されている。チップ／チップ間は、有機フィルムでアンダーフィル樹脂を充填する方式によって、1mm程度の狭い間隙でもアンダーフィル樹脂が切り離された構造としている。アンダーフィル樹脂中の微小球状フィラーの平面分布は、任意の個所から1mm角サイズのフィラー含有率を求めたときの含有率のばらつきが最大±5%以下に制御されている。これは、アンダーフィル樹脂をフィラーが均一に分散されたシートで供給する方法によってのみ実現できる。

【0061】本実施例によれば、チップ上に再配線層を形成して電極を再配置しているため、初期のチップ電極のピッチや配置に関係なく接続部の電極ピッチと配置を選択でき、どのような仕様のチップでもモジュール基板に搭載可能となる。このため、接続電極をチップの中央に集めれば最遠のパンプ間距離が小さくまってその距離に比例して発生する最大熱歪みを小さくでき、熱疲労寿命を大幅に向上することができる。また、接続電極をチップ全面に分散させれば電極ピッチを粗くできてモジュール基板との位置合わせ作業が容易となり、同時にモジュール基板の製造が低精度でよい低コスト化できるという利点がある。また、フリップチップ接合工程において、再配線層がパンプを介してチップに加えられる応力の緩衝層の役割を果たすため、チップダメージの発生がなくなって組み立て歩留まりを大幅に向上できるという利点もある。また、チップ間のアンダーフィル樹脂を切り離したことによって、アンダーフィル樹脂自身の熱変形によってパンプ接合部に加えられる剪断歪みを小さくでき、接合部の信頼性を向上できるのである。

（実施例16）図7は、平均粒径 $0.5\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ フィラーを60%含有する半硬化させたエポキシ樹脂から成る厚さ $50\mu\text{m}$ の有機樹脂シートをAuスタッドパンプを形成したチップとNi/Auめっきパッドを形成した基板との間に挿入して、加熱温度： $180^\circ\text{C}$ 、接合荷重： $100\text{g}/\text{パンプ}$ （チップ荷重： $25.6\text{kg}$ ）、超音波振幅： $3\mu\text{m}$ 、発振時間 $300\text{ms}$ の条件で接合したパンプ接合部の拡大写真である。なお、半硬化させた樹脂シートの接合温度 $180^\circ\text{C}$ における粘度は $100\text{Pa}/\text{s}$ の場合である。Auパンプが樹脂シートを突き抜

けてAuパッドと接触し、固形のフィラーも接合界面から排出して金属接合が達成され、チップ側接合面の直径：基板側接合面の直径＝ $100:48$ の比率の接合部が形成されている。半硬化させる温度条件を下げた場合、接合荷重： $50\text{g}/\text{パンプ}$ の条件で図7の接合部形状とほぼ同様の形状の接合部が得られることも確認した。

【0062】本実施例によれば、基板側の接合面積をチップ側の接合面積の $1/4$ に小さくできるため、超音波を加えて接合するときのチップ側の素子や絶縁多層膜構造部に加わる応力をAu降伏強度の $1/4$ 以下（ $3\text{kg}/\text{m}^2$ 以下）に低減でき、接合時のチップダメージを低減できるといふ効果がある。また樹脂シートの加熱時の粘度を $10\text{Pa}/\text{s}$ からさらに小さくすれば接合荷重を $50\text{g}/\text{パンプ}$ よりさらに小さくして接合でき、荷重によってチップに発生する応力を低減できてさらにチップダメージの発生確率を低減でき、組み立て歩留まりを向上できるといふ効果があるのである。

（実施例17）図27は、本発明のフリップチップ実装構造を積層型のマルチチップパッケージに適用した場合のパッケージ断面構造の一実施例を示す。図において、第1のチップ265の電極2にはAuめっきパンプ266が形成されている。第2のチップ261の内部接続電極262とAuめっきパンプが本発明による実装方法で接合されている。電極262の最表面は、蒸着又はめっきのAu膜である。チップとチップとの間には第1のアンダーフィル樹脂271が充填されている。第2のチップ上の外部接続電極263の上にはAuスタッドパンプ264が形成され、キャリア基板267上の内部接続パッド268と本発明による実装方法で接合されている。内部接続パッドは、CuパターンにNi/Auめっきされて形成されている。第2チップと基板との接続部高さは、内部に第1のチップを抱えているため、その高さより高くする必要がある。図では第1のチップ厚さは $60\mu\text{m}$ 、チップとチップとの接続高さを $10\mu\text{m}$ としており、基板のCuパターン厚さ $70\mu\text{m}$ 、Auパンプ厚さ $40\mu\text{m}$ としている。第2チップと基板との間には第2のアンダーフィル樹脂272が充填されている。キャリア基板の下側には、外部接続用のパッド269が形成され、その上に半田パンプ201が搭載されている。

【0063】本実施例によれば、チップとチップを対面配置により最短距離で接続した構造とし、接続ピン数もAuパンプを微細化することにより $100\text{ピン}/\text{mm}^2$ 以上の密度で多ピンの接続が可能となるため、異なる工程で製作されたチップでも図のように積層することにより1チップで構成したのと同じレベルの信号伝送特性が確保され、システムLSIをパッケージレベルで構成できるようになる。この場合、双方の良品チップのみを使うことができ、ウェーハレベルでシステムLSIを構成す

る方法に比べて良品チップの製造歩留まりを大幅に改善できるのである。

(実施例 18) 図 28 は、本発明のフリップチップ実装構造を積層型のマルチチップパッケージに適用した場合のパッケージ断面構造の他の一実施例を示す。チップ積層構造は図 27 と同様であるが、キャリア基板 267 に第 1 のチップ 265 より大きいサイズの開口部が形成され、第 1 のチップが基板内に挿入された構造となっている。組み立て実装方法は、中央に開口部を形成したキャリア基板のチップ電極接続パッドと半田ボール搭載ランドの最表面に Au めっきする工程と、第 2 チップの接続電極に Au 突起バンプを形成する工程と、第 1 チップの接続電極と第 2 チップの Au バンプを位置合わせして搭載する工程と、チップ裏面から加熱と加圧と超音波振動を印加して接続電極と Au バンプとを接合して電気的に接続する工程と、キャリア基板の接続パッドに前記第 2 チップの Au バンプを位置合わせして搭載する工程と、チップ側から加熱と加圧と超音波振動を印加する工程と、チップと基板との間及びチップとチップとの間に低熱膨張フィラーを含有する液状樹脂を充填する工程と、充填した樹脂を加熱硬化する工程から成る。

【0064】本実施例によれば、従来と同じ厚さのチップを使って 2 段積層構造のマルチチップパッケージを Au バンプのフリップチップ接合で実装することができ、パッケージ厚さも従来のシングルチップパッケージと同じ厚さにすることができ、電子機器のコンパクト化に非常に効果がある。また、いずれのチップも裏面が外部に露出しているため、発熱が多いチップ同士であっても、良好な放熱性を維持して熱的に問題の無いパッケージを構成できるのである。

(実施例 19) 図 29 は、本発明のフリップチップ実装構造を 4 段積層マルチチップパッケージに適用した場合のパッケージ断面構造の一実施例である。図において、第 1 のチップ 265 と第 2 のチップ 261、また第 3 のチップ 291 と第 4 のチップ 293 は Au バンプ 3 を用いた本発明によるフリップチップ実装方法によって接合されている。キャリア基板 267 と第 1 のチップは Au バンプ 3 を用いた超音波フリップチップ接合で接続されている。第 1 のチップを基板に搭載後、その裏面に第 3 のチップの裏面を向かい合わせて接着剤 295 で固着している。第 3 のチップの外部接続電極 263 には平坦化処理された Au バンプ 292 が形成されており、キャリア基板の内部接続パッド 268 とこの Au バンプ間が逆 Au ワイヤボンディング法によって接続されている。キャリア基板の中央には第 2 のチップを埋設可能な大きさの開口部が形成されており、基板の片面はチップを全て覆うように樹脂 296 でモールドされている。基板の反対側の面には外部接続用パッド 269 が形成され半田バンプ 201 が形成されている。

【0065】本実施例によれば、4 段積層の片面モールド型マルチチップ BGA パッケージをシングルチップパ

ッケージと同じ面積サイズで構成することが可能となり、高密度実装に最適なパッケージを提供できるのである。また、パッケージ厚さも、4 チップとキャリア基板を重ねた程度の厚さに押さえることができ、厚さの点でも非常にコンパクトに組み立てることができるのである。

(実施例 20) 別の実施例として、図 29 における第 1 及び第 3 のチップの発熱が多い場合に、両者の間に放熱用の一部が外部まで露出する大きさの熱拡散板を挟んで接着する構造とした。熱拡散板は厚さ 0.2mm の表面に Ni めっきした Cu 板で、ワイヤボンディングの無い領域から突き出すようにパッケージの外部に露出させた。

【0066】本実施例では、発熱量の多い LSI チップを多層に積層した場合でも、放熱板の効果で冷却性能の向上が図られ、パッケージ内の LSI を正常に動作させることが可能となるのである。この結果、発熱量の多い LSI を多数含む電子システムを高集積でコンパクトに実装できるという効果があるのである。

(実施例 21) 図 30 は、本発明のフリップチップ実装構造を 2 段積層型 3 チップ以上のマルチチップパッケージに適用した場合のパッケージ断面構造の一実施例である。図において、キャリア基板 267 にキャビティを形成している。第 1 のチップ 265 は、ウェーハプロセスパッケージ (WPP) の製法で組み立てたチップで、表面にポリイミドと Cu 配線で構成した再配線層を形成しており、周辺チップ電極 2 の構造の LSI チップをエリア状の再配置電極 301、302 に変換している。また、再配置電極材質は、チップ電極の材質に関わらず最表面層を Au で構成している。第 1 のチップと第 2 及び第 3 のチップとは、Au バンプ 3 を使った本発明による実装方法によって接合している。また、第 1 のチップとキャリア基板 267 は、チップとチップの接合同様に Au バンプ 3 を使った超音波フリップチップ接合によって接続している。チップと基板の接合では、内部構造の凹凸が著しいため樹脂シート一括接合ではなく、後で液状樹脂を注入する方式で樹脂充填を行っている。キャビティのサイズを大きめに選択することにより、樹脂充填の問題、すなわちフィラー含有率の多い樹脂の充填性改善とボイドの発生防止を解決している。

【0067】本実施例によれば、図 27 の場合と同様に、システム LSI をパッケージレベルで構成でき、歩留まりを改善して、低コストのシステム LSI パッケージを提供できるのである。

(実施例 22) 図 31 は、本発明による有機基板を使ったマルチチップモジュールの断面構造の他の一実施例である。図において、LSI チップ 340、341 の表面の Al 電極 342 には Au バンプ 343 がボールボンディング法あるいはめっき法により形成されている。有機モジュール基板 344 はガラスエポキシ製でチップ側の

面には内部接続用パッド345が形成され、反対側の面には外部接続用パッド346が形成されている。外部接続用パッドにはSnベースの半田バンプ349が形成されている。内部接続用パッドはCuコアの上にNi/Auめっきした構造で、チップのAuバンプが金属的に接合されている。チップと基板との間には低熱膨張の微小球状フィラーを含む熱硬化性のアンダーフィル樹脂347、348が充填されている。アンダーフィル樹脂充填エリアは、チップサイズより小さく形成されている。樹脂の端面が、チップの端面より内側で最外周のバンプよりも外側に形成されている構造となる。チップとチップとの間隙は、0.05～2mm程度の狭い間隙配置され、基板サイズは配列されたチップの最外周の辺を結んだ包絡線と同等の大きさとしている。

【0068】本実施例によれば、チップ間のアンダーフィル樹脂を切り離した構造でかつ、チップを近接させて実装できるため、アンダーフィル樹脂自身の熱変形により発生する応力を小さくでき、接合部の信頼性が高くかつ実装密度を向上したコンパクトな半導体モジュールを提供できる。

(実施例23) 図32は、本発明による有機基板を使ったマルチチップモジュールの断面構造の他の一実施例である。図において、LSIチップ350、351の表面のAl電極352にはAuバンプ353がボールボンディング法あるいはめっき法により形成されている。有機モジュール基板354はガラスエポキシ製でチップ側の面には内部接続用パッド355が形成され、反対側の面には外部接続用パッド356が形成されている。外部接続用パッドにはSnベースの半田バンプ360が形成されている。内部接続用パッドはCuコアの上にNi/Auめっきした構造で、その上にAuバンプ356がめっき法あるいはボールボンディング法により形成されている。そして基板及びチップのAuバンプ同士が金属的に接合されている。チップと基板との間には低熱膨張の微小球状フィラーを含む熱硬化性のアンダーフィル樹脂358、359が充填され、モジュール基板のチップ搭載側の片面が全面に渡って樹脂361でモールドされている。

【0069】本実施例によれば、Auバンプ同士の接合構造であるため接合性が改善され、接合に必要な超音波出力を低減できてチップダメージの低減が図れる。また、チップと基板との間隙を広くすることができ、熱歪みによりAuバンプ接合部に発生する応力を低減でき、さらに、モールドした樹脂の収縮効果で常にAuバンプ部に圧縮力が付与されるため、温度サイクル寿命を大幅に向上できるという利点がある。

【0070】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、電気接続部の耐熱性と電気特性に優れたフリップチップ実装構造を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるフリップチップ実装方法の一実施例。

【図2】本発明によるフリップチップ実装方法のタイムチャートの一実施例。

【図3】本発明によるフリップチップ実装方法の接合進行過程の一例。

【図4】本発明によるフリップチップ実装方法の他の一実施例。

【図5】本発明によるフリップチップ実装構造の一実施例。

【図6】チップ/基板間隙に依存したフィラー含有量とボイド発生率の関係。

【図7】フィラー含有量に依存した温度サイクル数と累積断線不良発生率の関係。

【図8】本発明によるフリップチップ実装方法のタイムチャートの他の一実施例。

【図9】本発明によるフリップチップ実装方法の他の一実施例。

【図10】本発明によるフリップチップ実装方法を実施する接合装置の一実施例。

【図11】本発明によるフリップチップ接合装置の詳細構成の一実施例。

【図12】本発明によるフリップチップ接合装置の有機テープ供給機構の一実施例。

【図13】本発明によるフリップチップ接合装置のツール加熱機構の他の一実施例。

【図14】本発明によるフリップチップ実装に適する貴金属バンプ形状の一実施例。

【図15】本発明によるフリップチップ実装構造の他の一実施例。

【図16】本発明によるフリップチップ実装構造の他の一実施例。

【図17】チップ/基板間隙に依存したフィラー含有量とボイド発生率の関係。

【図18】アンダーフィルの有無及び接合温度に依存したバンプ高さとの累積断線不良発生率の関係。

【図19】本発明によるフリップチップ実装構造を有するBGAパッケージの一実施例。

【図20】本発明によるフリップチップ実装構造を有するBGAパッケージの他の一実施例。

【図21】本発明によるフリップチップ実装構造を有するBGAパッケージの他の一実施例。

【図22】本発明によるフリップチップ実装構造を有するセラミックモジュールの一実施例。

【図23】本発明のフリップチップ実装を含むモジュール組み立て手順の一実施例。

【図24】本発明のフリップチップ実装を含むモジュール組み立て手順の他の一実施例。

【図25】本発明によるフリップチップ実装構造を有す



るマルチチップモジュールの一実施例。

【図 26】本発明によるフリップチップ接合部の断面写真の一例。

【図 27】本発明によるフリップチップ実装構造を有する積層型マルチチップパッケージの一実施例。

【図 28】本発明によるフリップチップ実装構造を有する積層型マルチチップパッケージの他の一実施例。

【図 29】本発明によるフリップチップ実装構造を有する積層型マルチチップパッケージの他の一実施例。

【図 30】本発明によるフリップチップ実装構造を有する積層型マルチチップパッケージの他の一実施例。

【図 31】本発明によるフリップチップ実装構造を有するマルチチップモジュールの他の一実施例。

【図 32】本発明によるフリップチップ実装構造を有するマルチチップモジュールの他の一実施例。

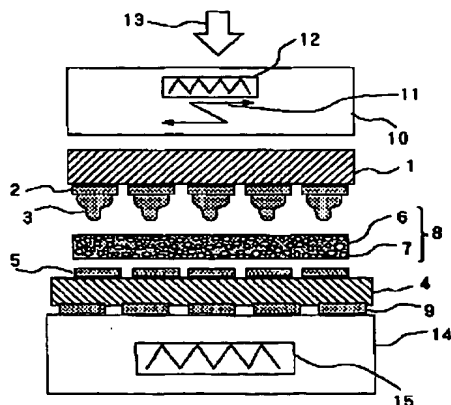
#### 【符号の説明】

1…半導体チップ、2…電極、3、3'…Auバンプ、4…有機配線基板、5…内部接続端子、6…熱硬化樹脂、7…絶縁性無機フィラー、8…樹脂シート、8'…アンダーフィル、9…外部接続端子、10…接合ツール、11…超音波振動、12、15…ヒーター、13…荷重、14…ヒートステージ、16…接合界面、41…支持架台、42…支持筐体、43…加圧機構、44…チップ加熱兼超音波発振機構、45…位置合わせ駆動機構、46…基板加熱機構、47…ワーク観察機構、48…チップ搬送機構、49…基板搬送機構、50…圧力センサ、51…振動子、52…放熱部品、53…フランジ機構、54…振動増幅部品、55…超音波ホーン、56…接合ツール、57…吸引孔、58…超硬材、59…振動系支持部材、510…ハーフミラー、511…CCD

センサ、512…光学ヘッド、513…処理回路、514…ケーブル、60…有機テープ、61…ロール、62、63…巻き取り機構、64…孔、90…低熱膨張樹脂シート、91…中熱膨張樹脂シート、92…低熱膨張層、93…中熱膨張層、130…Snめっき、131…パッド、132…融液、133…CuSn層、134…フィレット、135…AuSn層、136…パッシベーション膜、140…セラミック製ヒーターチップ、141…電流供給機構、150…チップ側接合部直径、151…パンプ上部直径、152…上部直径、153…下部直径、160…Auめっき、170…めっきレジスト、200…Ni/Au膜、201…半田ボールパンプ、202…Cu配線パターン、210…内部接続リード、211…スティフナー、212…接着剤、220…第1の樹脂、221…大型フィラー粒子、222…熱硬化性樹脂、223…第2の樹脂、230、231、232…厚膜導体パターン、233、234…受動部品、235、236…半田、237、238…接続電極、250、251…LSIチップ、253…再配線層、254…再配置電極、261…第2のチップ、262…内部接続電極、263…外部接続電極、264…Auスタッドパンプ、265…第1のチップ、266…Auめっきパンプ、267…キャリア基板、268…内部接続パッド、269…外部接続パッド、271…第1のアンダーフィル樹脂、272…第2のアンダーフィル樹脂、291…第3のチップ、292…平坦化Auパンプ、293…第4のチップ、294…Auボンディングワイヤ、295…接着剤、296…モールド樹脂、301…再配置内部接続電極、302…再配置外部接続電極、303…半田レジスト。

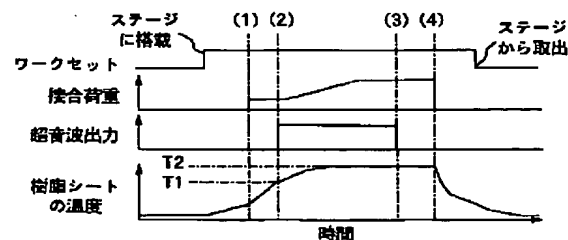
【図 1】

図 1



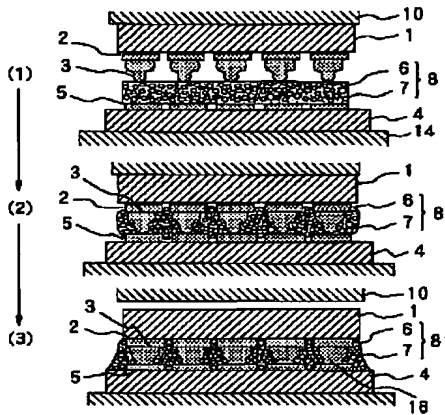
【図 2】

図 2



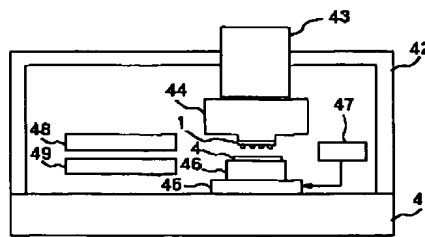
【図3】

図 3



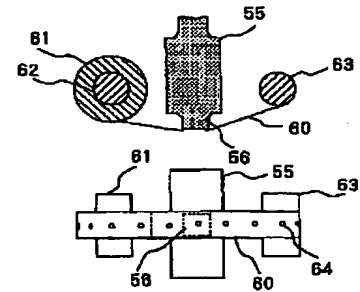
【図4】

図 4



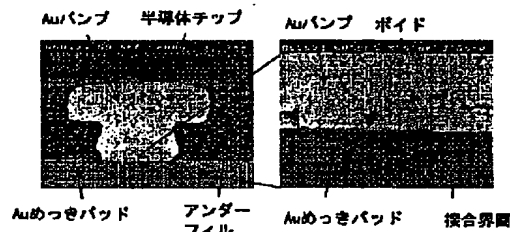
【図6】

図 6



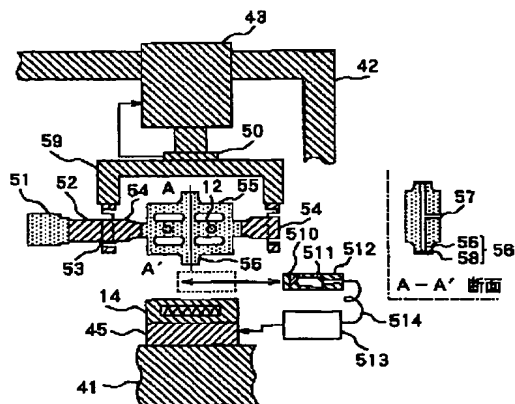
【図7】

図 7



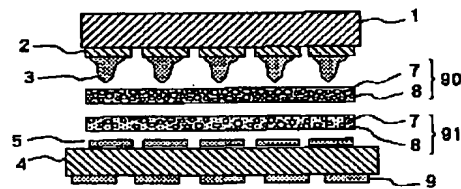
【図5】

図 5



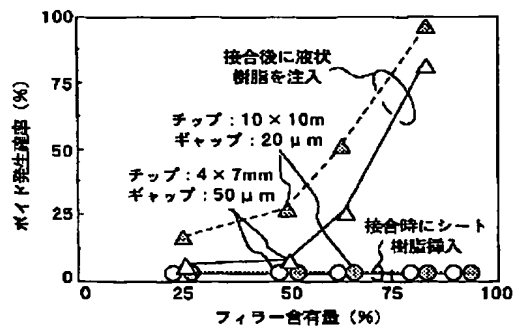
【図9】

図 9



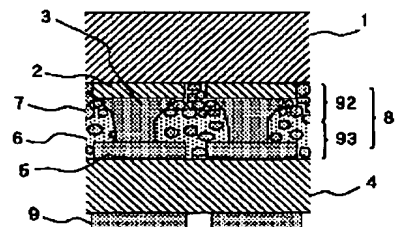
【図8】

図 8



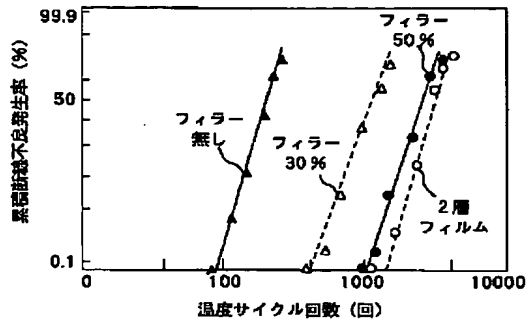
【図10】

図 10



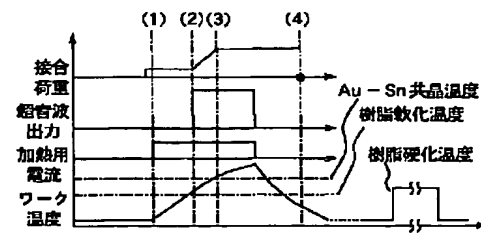
【図11】

図 11



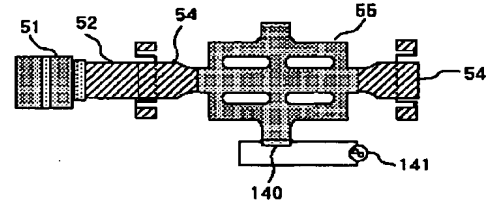
【図12】

図 12



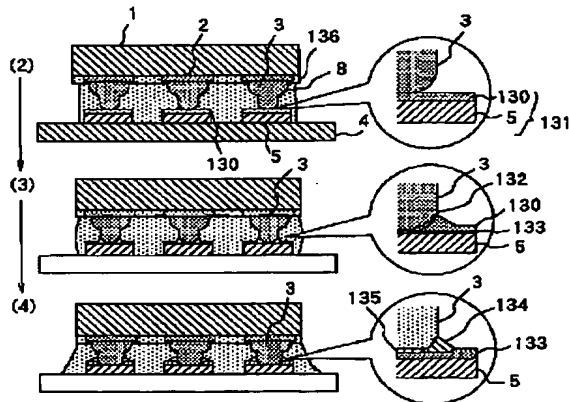
【図14】

図 14



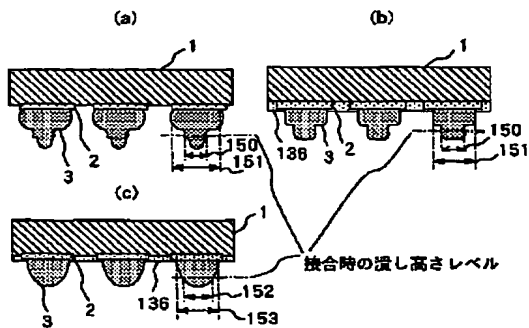
【図13】

図 13



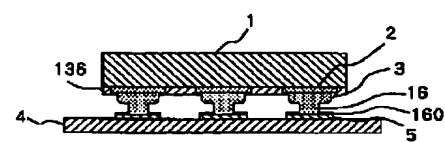
【図15】

図 15



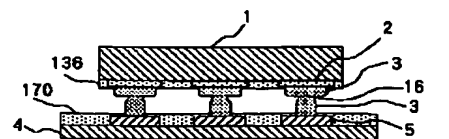
【図16】

図 16



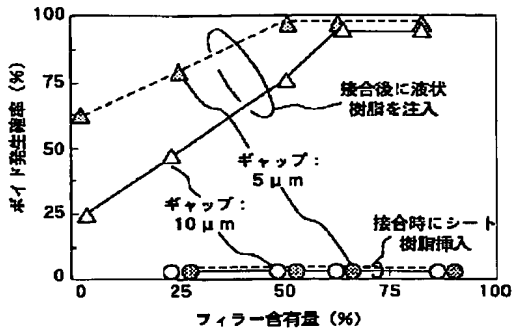
【図17】

図 17



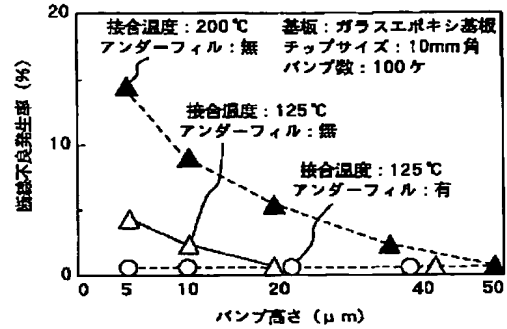
【図18】

図 18



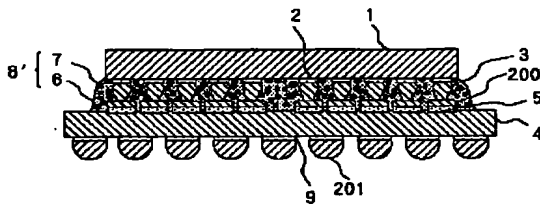
【図19】

図 19



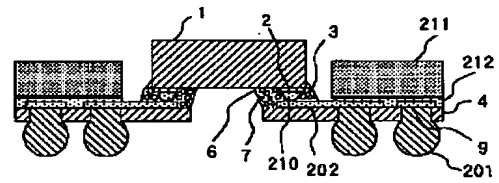
【図20】

図 20



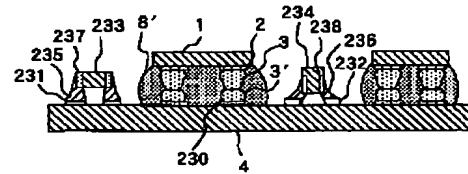
【図21】

図 21



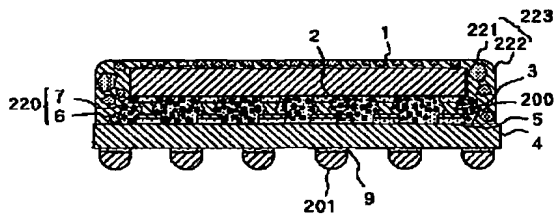
【図23】

図 23



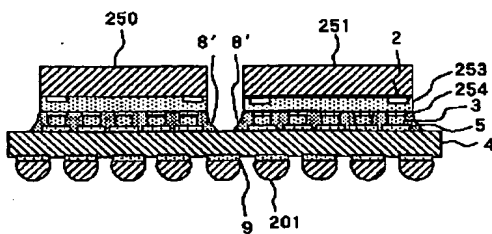
【図22】

図 22



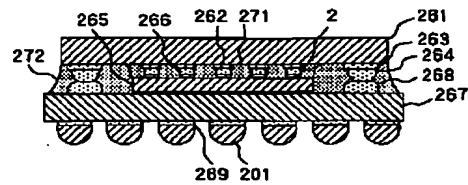
【図26】

図 26



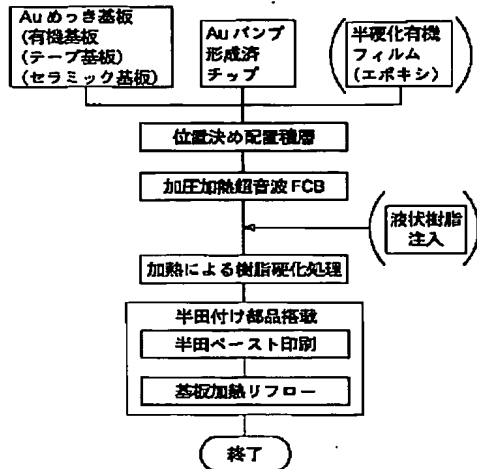
【図27】

図 27



【図24】

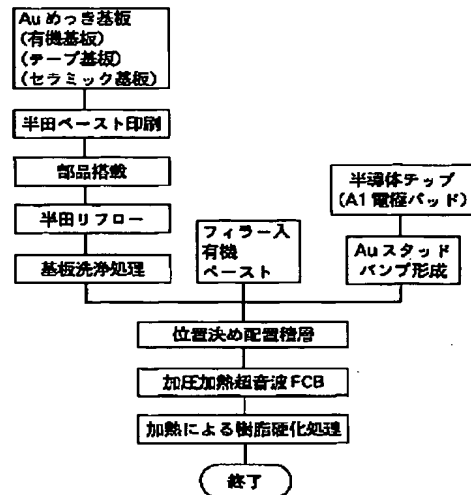
図 24



【図25】

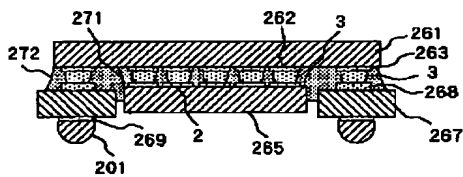
図 25

モジュール組み立て手順2



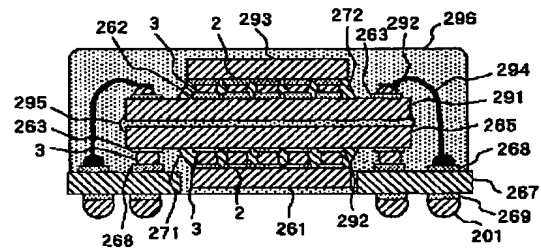
【図28】

図 28



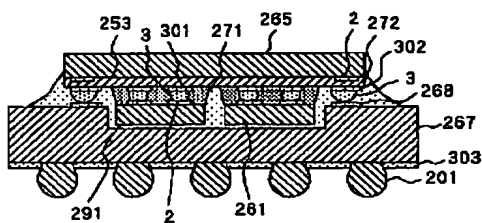
【図29】

図 29



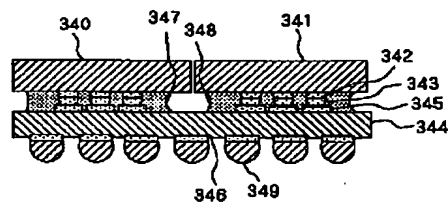
【図30】

図 30



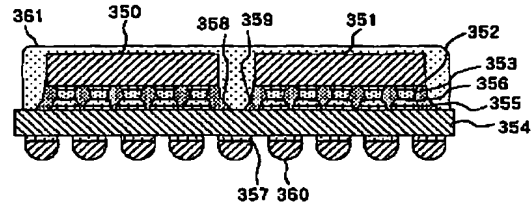
【図31】

図 31



【図32】

図 32



フロントページの続き

(72) 発明者 守田 俊章  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 高橋 和弥  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 西村 朝雄  
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株  
式会社日立製作所半導体グループ内

(72) 発明者 篠田 政佳  
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株  
式会社日立製作所半導体グループ内

Fターム(参考) 4M109 AA01 BA03 CA03 EA02 EA11  
EB12  
5F044 KK11 KK13 LL11 QQ03 QQ06  
RR17 RR18 RR19  
5F061 AA01 BA03 CA03 CB02 DE03

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成14年11月8日(2002. 11. 8)

【公開番号】特開2002-151551(P2002-151551A)

【公開日】平成14年5月24日(2002. 5. 24)

【年通号数】公開特許公報14-1516

【出願番号】特願2000-349304(P2000-349304)

【国際特許分類第7版】

H01L 21/60 311  
21/56  
21/607  
23/29  
23/31

【F1】

H01L 21/60 311 S  
21/56 E  
21/607 B  
23/30 R

【手続補正書】

【提出日】平成14年8月6日(2002. 8. 6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】電気信号を処理する回路を有する半導体チップと、  
上記半導体チップに設けられた電極と、  
上記電極上に形成されたバンプと、  
上記電極から上記バンプを介して電気信号を取り出す内部接続端子と、  
上記内部接続端子を設けた配線基板とを有し、  
上記半導体チップと上記配線基板との間に加熱して軟化する半硬化樹脂シートを挿入し、荷重を掛け、加熱し、超音波振動を与えて、上記バンプと上記内部接続端子とが金属接合されたことを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項2】電気信号を処理する回路を有する半導体チップと、  
上記半導体チップに設けられた電極と、  
上記電極上に形成された貴金属バンプと、  
上記電極から上記バンプを介して電気信号を取り出す内部接続端子と、  
上記内部接続端子を設けた配線基板とを有し、  
上記貴金属バンプと上記内部接続端子の貴金属膜とが金属接合で接続され、上記半導体チップと上記配線基板との間に無機フィラーを50vol%以上含む樹脂を有する

ことを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項3】電気信号を処理する回路を有する半導体チップと、  
上記半導体チップに設けられた電極と、  
上記電極上に形成された貴金属バンプと、  
上記電極から上記バンプを介して電気信号を取り出す内部接続端子と、  
上記内部接続端子を設けた配線基板とを有し、  
上記電極と上記内部接続端子とが上記貴金属バンプを介して接続され、接続部の電気抵抗が0.1~10mΩの範囲であり、上記半導体チップと上記配線基板との間に無機フィラーを50vol%以上含む樹脂を有することを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項4】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上であり、上記半導体チップと上記配線基板との間に無機フィラーを50vol%以上含む樹脂を有することを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項5】請求項1乃至4のうちいずれかに記載のフリップチップ実装構造において、前記無機フィラーの粒径が、圧着後のバンプ高さの1/3以下であることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項6】請求項1乃至5のうちいずれかに記載のフリップチップ実装構造において、前記無機フィラーの熱膨張率は、前記有機樹脂の熱膨張率よりも低いことを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項7】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続さ

れ、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上であるフリップチップ実装構造であって、チップと基板との間に無機フィラーを含む樹脂が形成されており、前記樹脂の熱膨張率が、チップに近い部分よりも基板に近い部分の方が高くなる構造となっていることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項8】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上であるフリップチップ実装構造であって、チップと基板との間に無機フィラーを含む樹脂が形成されており、前記樹脂に含まれる前記無機フィラーの含有率が、チップに近い部分よりも基板に近い部分の方が低い構造となっていることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項9】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合を構成する金属材料の融点が275℃以上であるフリップチップ実装構造であって、チップと基板との間に無機フィラーを含む樹脂が形成されており、前記樹脂に含まれる前記無機フィラーの場所による含有率の変動が10%以下であることを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項10】半導体チップの金属電極と配線基板の内部接続端子とが貴金属バンプを介して金属接合で接続され、その接合部を構成する金属材料の融点が275℃以上であるフリップチップ実装構造であって、チップと基板との間に無機フィラーを含む樹脂が形成されており、前記樹脂の端面を、チップの端面より内側で最外周のバンプよりも外側に形成したことを特徴とするフリップチップ実装構造。

【請求項11】配線基板の上に半導体チップをフェイスダウンで搭載する実装方法において、半導体チップの電極に貴金属バンプを形成する工程と、前記配線基板の所定位置に無機フィラーを50vol%以上含む半硬化状態の樹脂シートを載せ、その上に前記半導体チップを貴金属バンプと前記配線基板の内部接続端子との位置を合わせて搭載する工程と、接合ツールにより半導体チップの裏面側から熱と荷重と超音波を加えて貴金属バンプを樹脂シートに押し込み、さらに押し付けて貴金属バンプを内部接続端子に形成された貴金属膜に圧着した後、さらに加熱処理して樹脂シートを硬化させる工程とを有することを特徴とするフリップチップ実装方法。

【請求項12】配線基板の上に半導体チップをフェイスダウンで搭載する実装方法において、半導体チップの電極に貴金属バンプを形成する工程と、前記配線基板の所定位置に無機フィラーの含有率が異なる複数枚の半硬化

状態の樹脂シートを載せ、その上に前記半導体チップを貴金属バンプと前記配線基板の内部接続端子との位置を合わせて搭載する工程と、接合ツールにより半導体チップの裏面側から熱と荷重と超音波を加えて貴金属バンプを樹脂シートに押し込み、さらに押し付けて貴金属バンプを内部接続端子に形成された貴金属膜に圧着した後、さらに加熱処理して樹脂シートを硬化させる工程とを有することを特徴とするフリップチップ実装方法。

【請求項13】配線基板の上に半導体チップをフェイスダウンで搭載する実装方法において、半導体チップの電極に貴金属のバンプを形成する工程と、配線基板の内部接続端子に低熔点金属の膜を形成する工程と、前記配線基板の所定位置に樹脂シートを載せ、その上に前記半導体チップをバンプと接続端子を位置合わせして搭載する工程と、接合ツールにより半導体チップの裏面側から熱と荷重と超音波を加えて貴金属バンプを有機フィルムに押し込み、さらに貴金属バンプを接続端子の低熔点金属膜面に超音波を加えながら押し付けて溶融した低熔点合金を接合界面から排出しつつ圧着し、接合ツールを開放した後さらに加熱処理して有機フィルムを硬化させ、界面に残存した低熔点金属をバンプや端子側に拡散させて接合部を高熔点化する工程とを有することを特徴とするフリップチップ実装方法。

【請求項14】配線基板に半導体チップをフェイスダウンで搭載した半導体パッケージにおいて、半導体チップの電極に形成された貴金属のバンプと、配線基板の内部接続端子に形成された貴金属膜とが金属接合されており、半導体チップと配線基板との間に無機フィラーを50vol%以上含む樹脂を有し、半導体チップと接続されていない前記配線基板の裏面に外部接続端子を有することを特徴とする半導体パッケージ。

【請求項15】請求項14に記載の半導体パッケージにおいて、前記配線基板の材料がガラスエポキシであり、前記配線基板の半導体チップが搭載された側の面を封止する樹脂のフィラー粒径と、半導体チップと配線基板との間の樹脂のフィラー粒径とが異なることを特徴とする半導体パッケージ。

【請求項16】配線基板に半導体チップをフェイスダウンで搭載し、前記配線基板に他の能動部品及び／又は受動部品を搭載した半導体モジュールにおいて、半導体チップの電極に形成された貴金属のバンプと、配線基板の内部接続端子に形成された貴金属膜とが金属接合されており、半導体チップと配線基板との間に無機フィラーを50vol%以上含む樹脂を有し、半導体チップと接続されていない前記配線基板の裏面に外部接続端子を有することを特徴とする半導体モジュール。